

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2014

Aleksi Toivonen

3D-TULOOSTIMIEN TUTKIMINEN PAINOTALOLLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aleksi Toivonen

3D-TULOSTIMIEN TUTKIMINEN PAINOTALOLLE

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä 3D-tulostamiseen ja tutkia painotaloon sopivia 3D-tulostimia ja 3D-tulostamiseen liittyviä tekniikoita. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös pohtia painotalolle mahdollisia 3D-tulostamiseen liittyviä tuotekonsepteja yrityksille ja yksityisille kuluttajille. Painoalan yrityksen tarkoituksena on sijoittaa lähitulevaisuudessa 3D-tulostimeen, joten opinnäytetyö oli ajankohtainen tutkimustyö yritykselle. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi painoalan yritys.

Opinnäytetyössä verrattiin eri materiaalia lisääviä valmistusmenetelmiä ja tutkittiin, mikä valmistusmenetelmä sopisi parhaiten painotaloon. Työssä myös vertailtiin kahden suurimman 3D-tulostin toimittajan 3D-tulostimista. Työssä tutkittiin myös painotalon mahdollisia tuotekonsepteja ja millaisia 3D-tulosteita painotalossa pystyttäisiin mahdollisesti tuottamaan.

Opinnäytetyön pohjalta yritys pystyy tekemään päätöksiä siitä, mihin suuntaan sen tulisi kehittää ja markkinoida 3D-tulostuskonseptia. Yritykset tuottavat huomattavasti suuremman potentiaalin 3D-markkinoilla kuin yksityiset henkilöt, joten painoalan yrityksen tulisi suunnata 3D-tulostus konseptinsa näille markkinoille. Opinnäytetyössä tutkittiin myös 3D-tulostustekniikoita, jotka soveltuvat painotalolle. Tutkimusten perusteella FDM-, Polyjet-, sekä SLS -tekniikat ovat soveltuvimpia painoalan yrityksen tuotantoympäristöön. Edellä mainitut tulostustekniikat ovat ominaisuuksiltaan painoalan yrityksen vaatimusten mukaisia, ja niillä pystytään tuottamaan halutun tulostuskonseptin kaltaisia kappaleita. Opinnäytetyössä tutkittujen kahden suurimman laitetoimittajan Stratasyn ja 3dsystemsien valikoimista löytyy edellä mainittujen tulostustekniikoiden 3D-tulostimia. Laitetoimittajien tuotevalikoimista pystytään tekemään tarkempaa hinta sekä laite vertailua painoalan yrityksessä.

ASIASANAT:

3D-tulostus, Painotalo, Materiaalia lisäävä valmistus.

Aleksi Toivonen

RESEARCHING 3D-PRINTING TECHNOLOGY FOR A PRINTING COMPANY

The aim of this Bachelor's thesis was to study 3D printing technology and determine the most suitable 3D printers for a printing company. The aim was also to consider the potential product concepts for businesses and private consumers. The company is considering investing in 3D-printing technology, which made this thesis current for the printing company.

The thesis focused on different material enhancing production methods and compared them to each other to find the most suitable production method for the printing company. Furthermore, the 3D- printers of the two largest 3D- printer suppliers' were compared to each other. In addition, possible product concepts were studied to determine, a feasible product line for the printing company.

Based on the thesis the company is able to make decisions about the way it should develop and market the 3D-printing concept. Companies are producing much larger potential in 3D-printing markets than private persons so the company should market the concept for companies much more. The thesis also studied what 3D-printing technique is most suitable for the printing company. Based on these studies FDM-, Polyjet-, and SLS –techniques are most suitable techniques for the company. These techniques can produce the 3D-prints that the company required for this thesis. Thesis also studied 3D-printers from the two largest suppliers on the market: Stratasys and 3dsystems. These two companies can supply the required 3D-printers for the printing company.

KEYWORDS:

3D-printing, printing company, additive manufacturing

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1. JOHDANTO	7
2. 3D-TULOSTUKSEN MÄÄRITELMÄ	8
3. 3D-TULOSTUSTEKNIIKOITA	9
3.1 FDM-tekniikka (Fused Deposition Modeling)	9
3.2 SLS-tekniikka (Selective Laser Sintering)	10
3.3 DMLS-tekniikka (Direct Metal Laser Sintering)	11
3.4 EBM-tekniikka (Electron Beam Melting)	12
3.5 SLA-tekniikka (Stereolithography)	13
3.6 LOM-tekniikka (Laminated Object Manufacturing)	14
3.7 JP-tekniikka (Jetted Photopolymer)	15
3.8 MJM-tekniikka (Multijet Modeling)	16
3.9 3DP-tekniikka (Three Dimensional Printing)	17
3.10 Polyjet-tekniikka	18
3.11 CJP-tekniikka (Color Jet Printing)	19
4. 3D-TULOSTUKSEN KÄYTTÖKOHTEET	20
4.1 Yritysten käyttökohteet	20
4.2 Yksityishenkilöiden käyttökohteet	21
5. 3D-TULOSTEIDEN LISÄÄMINEN PAINOTALON TUOTEVALIKOIMAAN	23
5.1 Painotalon mahdolliset tuotevalikoimat	23
5.1.1 Tuotevalikoima yrityksille	24
5.1.2 Tuotevalikoima yksityishenkilöille	25
5.2 Kappaleiden tilaaminen alihankintatyönä	26
5.3 3D-tulosteisiin liittyviä ongelmia	26
5.4 3D-tulostamisen tulevaisuus	27
5.5 3D-tulostimen lisääminen tuotevalikoimaan	29
6. PAINOTALOON SOPIVA 3D-TULOSTIN	30
6.1 Lähtökohdat	30
6.2 3D-tulostimen valinta	30

6.3 3DSystems ProJet-sarja	32
6.4 Stratasys Fortus- ja Dimensions -sarjan 3D-tulostimet	33
6.5 Stratasys Objet-sarjan tulostimet	33
7. YHTEENVETO	34
LÄHTEET	37

KUVAT

Kuva 1. FDM-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	9
Kuva 2. SLS-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	10
Kuva 3. DMLS-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	11
Kuva 4. EBM-tulostimen toimintaperiaate (Whiteclouds 2014).	12
Kuva 5. SLA-tulostuksen toimintaperiaate (Intellectual ventures lab 2014).	13
Kuva 6. LOM-tulostimen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	14
Kuva 7. JP-tulostimen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	15
Kuva 8. MJM-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	16
Kuva 9. 3DP-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).	17
Kuva 10. Polyjet tulostuksen toimintaperiaate (University of Saskatchewan College of Engineering 2014).	18
Kuva 11. CJP-tulostuksen toimintaperiaate (Tavco 2013).	19
Kuva 12. 3D-tulostimella tuotettu suojakuori (Shapeways 2014).	22
Kuva 13. 3D-tulosteiden eri käyttökohteita (Shapeways 2012).	23
Kuva 14. 3D-tulostettu luonnos talosta (VTT 2014).	25
Kuva 15. Contour crafting talonrakennuksessa (Whiteclouds 2014).	28
Kuva 16. Objet500-tulostimella tulostettuja värillisiä tuotteita (Stratasys 2014).	34

TAULUKOT

Taulukko 1. Vertailu eri tulostustekniikoille halutuista ominaisuuksista.	311
---	-----

LIITTEET

Liite 1. 3D-tulostimien vertailua
Liite 2. 3D-tulostimien toimittajia

KÄYTETYT LYHENTEET

STL	3D- tulostimien käyttämä tiedostomuoto
AM	Additive manufacturing
FDM	Fused deposition modeling
SLS	Selective laser sintering
DMLS	Direct metal sintering
EMB	Electron beam melting
SLA	Stereo lithography
LOM	Laminated object manufacturing
JP	Jetted photopolymer
MJM	Multijet modeling
3DP	Three dimensional printing
CJP	Color jet printing

1. JOHDANTO

Materiaalia lisäävä tekniikka on kehittynyt viime vuosina erittäin laajalti. Materiaalia lisäävään valmistukseen liittyvien patenttien umpeutuminen on auttanut useita uusia yrityksiä kehittämään omia laitteistojaan. Tästä johtuen markkinoille on tullut useita uudentyyppistä materiaalia lisääviä 3D-tulostimia ja tulostustekniikoita. Lukuisien uusien 3D-tulostimia kehittävien yritysten tuleminen tulostin markkinoille on luonut kuluttajille suunnattujen 3D-tulostimien markkinat tavallisten teollisuuden 3D-tulostimien rinnalle.

Alan yrityksiä tulee jatkuvasti lisää, ja laitteiston kehittyminen antaa rajattomia mahdollisuuksia tuottaa erilaisia tulosteita. 3D-tulostuksen yleistyminen eri teollisuuden ja teknologian aloilla on huomattavaa, minkä vuoksi myös painotalot haluavat laajentaa tuotevalikoimiaan. 3D-tulostuksen yksinkertaisuus ja laitteistojen halpeneminen antavat mahdollisuuden perinteisten painoalan yritysten laajentaa tuotevalikoimaansa. 3D-tulostamisen mahdollisuuksien saaminen yksityisihmisten tietoon lisää ihmisten kiinnostusta ja mielenkiintoa tutustua tekniikkaan. Tämä auttaa luomaan markkinoita myös kuluttajille, jotka mahdollisesti haluavat luoda uniikkeja kappaleita henkilökohtaiseen käyttöön.

Opinnäytetyössä tutkittiin eri materiaalia lisääviä tekniikoita sekä painoalan yritykselle sopivia materiaalia lisääviä tekniikoita. Työssä tutkittiin myös 3D-tulostamisen käyttökohteita ja sitä, minkälaisen 3D-tulostamiseen liittyvän konseptin painoalan yritys pystyy luomaan perinteisen tulostamisen rinnalle. Opinnäytetyön alullepanijana toimi painoalan yritys, joka on kiinnostunut 3D-tulostamistekniikasta ja on mahdollisesti investoimassa 3D-tekniikkaan lähitulevaisuudessa. Yrityksen tavoite on kehittää omaa tuotekonseptiaan ja laajentua tulostusmarkkinoilla. 3D-tulostaminen on tulevaisuuden painoalalla hyvinkin todennäköinen laajentumisvaihtoehto ja 3D-tulostimien ja tulostustekniikoiden tutkiminen on ajankohtaista yritykselle, joka haluaa pysyä Suomen painoalalla merkittävänä tuottajana.

2. 3D-TULOSTUKSEN MÄÄRITELMÄ

3D-tulostimet ovat materiaalia lisääviä valmistusmenetelmiä. Materiaalia lisääviä valmistustekniikoita eli AM-tekniikoita (Additive Manufacturing) on useita erilaisia. Tekniikoihin perehdytään tarkemmin luvussa 3, jossa esitellään yleisimmät materiaalia lisäävät tulostustekniikat. 3D-tulostimen toimintaperiaate perustuu CAD-kuvista luotuun STL-tiedostomuotoon eli CAD-kuvasta luotuun kappaleen kerroskuvaan. STL-tiedostomuodon avulla 3D-tulostin pystyy tulostamaan halutun kappaleen tarkasti.

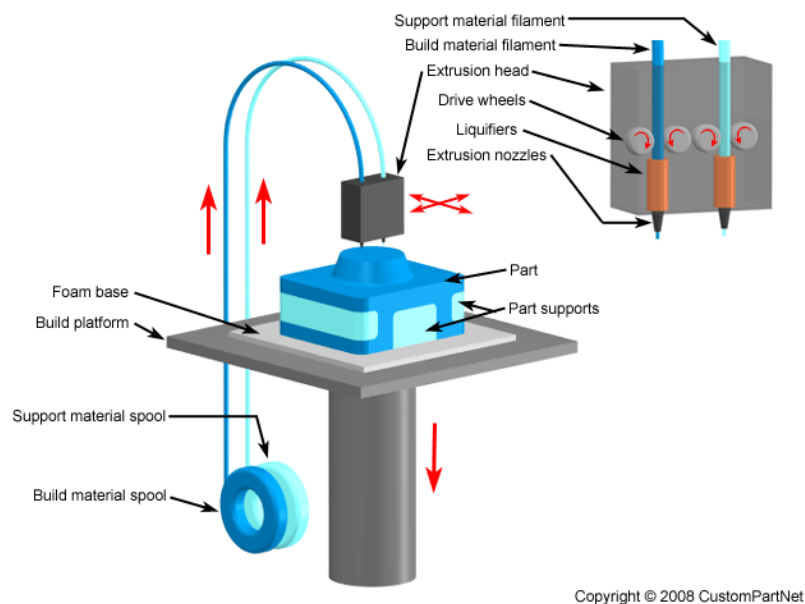
3D-tulostimien tekniikan kehittyminen, sekä niiden hintojen lasku on edesauttanut niiden yleistymistä. Tästä johtuen myös perinteisiin tulostusprosesseihin vakiintuneet yritykset ovat kiinnostuneet laajentamaan tuotantoaan materiaalia lisäävien tulostimien puolelle.

2000-luvun alusta markkinoille on saapunut useampia varteenotettavia toimittajia. Toimittajien laitteiston kehittyminen on ollut erittäin nopeaa ja laadultaan halvimmatkin 3D-tulostimet pystyvät tuottamaan laadukkaita muovitulosteita kuluttajille. Teollisuudelle tarkoitetut 3D-tulostimet ovat hinnaltaan jo huomattavasti kalliimpia ja niillä pystytään tuottamaan laadukkaita kappaleita laajemmasta materiaalivalikoimasta.

3. 3D-TULOSTUSTEKNIIKOITA

3.1 FDM-tekniikka (Fused Deposition Modeling)

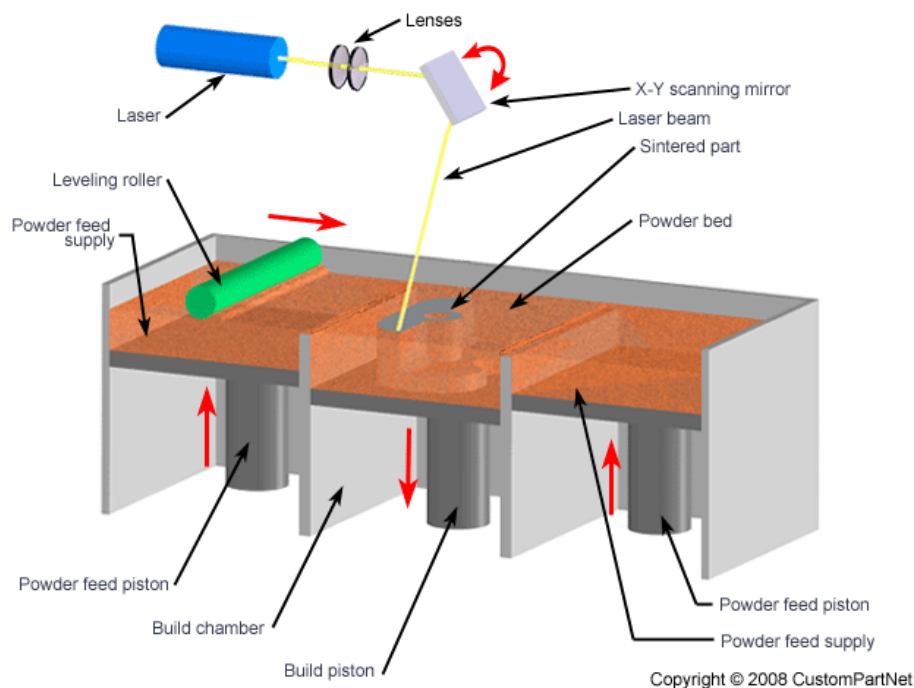
FDM-tekniikka on materiaalia lisäävistä valmistusmenetelmistä yksinkertaisin, yleisin ja teknologian kehittyessä myös edullisin. FDM-tekniikka perustuu lämmitetyn suuttimen läpi syötettävästä lähes sulamispisteessä olevasta tulostusmateriaalista, joka tulostuspinnalla kovettuu välittömästi. FDM-tulostimissa suuttimia on yleensä kaksi. Toisen suuttimen läpi kappaleisiin syötetään tukimateriaalia, mikäli se on tarpeen, ja toisen suuttimen läpi tulostusmateriaali (Kuva 1.). Tukimateriaali on huomattavasti hauraampaa kuin itse tulostusmateriaali, ja se on helppo poistaa lopullisesta tuotteesta. FDM-tulostimet ovat hintaluokkansa vuoksi yleisimpiä yksityiskäytössä. FDM-tulostimissa voi käyttää erilaisia muovipohjaisia tulostusmateriaaleja, joita ovat esimerkiksi ABS, polyamidi, polykarbonaatti, polyeteeni, polypropeeni ja erilaiset vahoihin pohjautuvat materiaalit. FDM-tulostimien käyttösovelluksia on lähinnä form-/fit-testaukset, nopeat työkalukuviointit, yksityiskohtaiset osat sekä erilaisten mallien tekeminen esitysten tueksi. (Custompartnet 2014.)



Kuva 1. FDM-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.2 SLS-teknikka (Selective Laser Sintering)

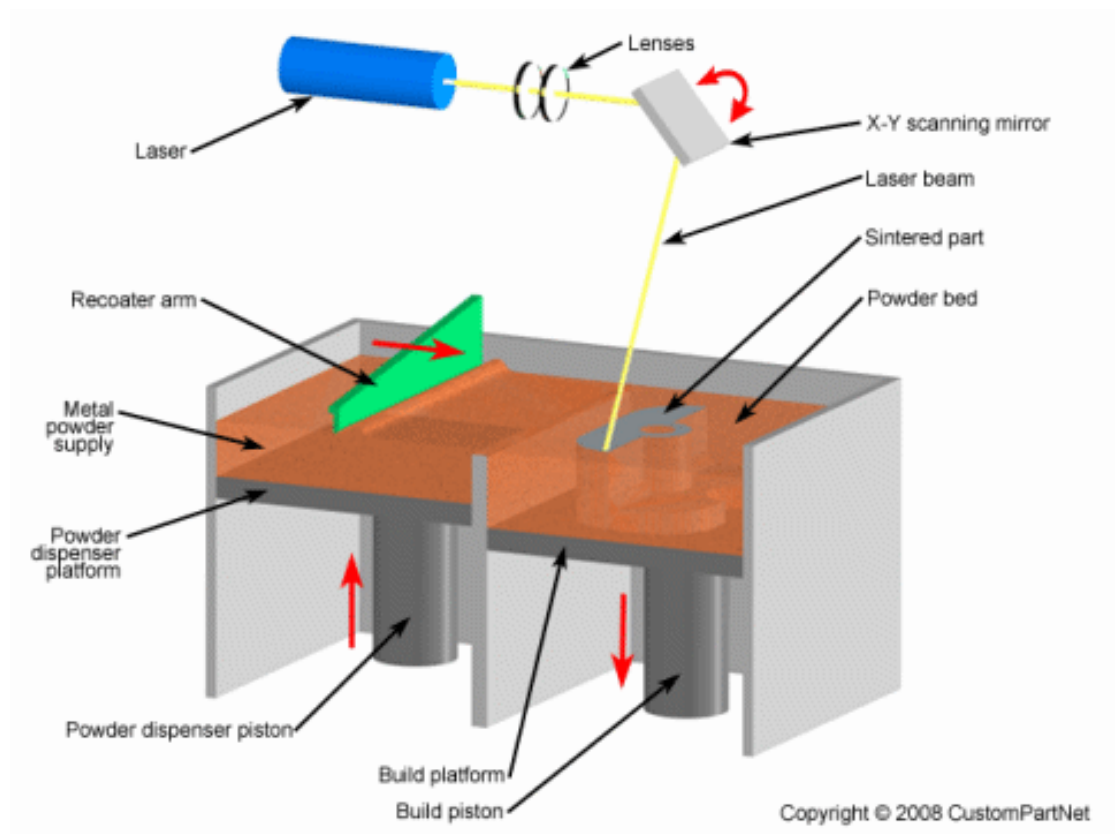
SLS-teknikka eroaa FDM-tekniikasta siten, että tulostus tapahtuu levittämällä tulostustasolle telan avulla ohut kerros jauhetta. Ohutta jauhekerrosta kuumentetaan laserilla tulostettavista kohdista, jolloin jauhe kovettuu muodostaen kiinteätä kappaletta. Tämä toimenpide toistuu, kunnes kappale on valmis (Kuva 2.). SLS- tekniikassa ei tarvita erikseen tukimateriaalia kappaleen tulostamiseksi, vaan ylimääräinen jauhe toimii kappaleen tukirakenteena. SLS-tekniikalla saadaan parempaa pinnanlaatua kuin FDM-tekniikalla ja tämä näkyy tulostimien hinnassa. SLS-tulostimet eivät ole yksityiskäyttöön tarkoitettuja, vaan ne ovat suunniteltu enemmän teollisuuden käyttökohteisiin. SLS-teknikassa materiaali- vaihtoehdot ovat myös laajempia kuin FDM-tekniikassa. SLS-teknikassa on mahdollista käyttää tulostettavana materiaalina nylonia, lasi-nylonia, metalli- komposiittia sekä muovipohjaisia materiaaleja. SLS-teknikkaa käytetään lähinnä form- /fit-testauksiin, nopeisiin työkalukuviointeihin, toiminnalliseen testaukseen sekä yksityiskohtaisten osien tuottamiseen. SLS-teknikalla on myös mahdollista tuottaa koviakin lämpötiloja kestäviä kappaleita. (Custompartnet 2014.)



Kuva 2. SLS-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.3 DMLS-tekniikka (Direct Metal Laser Sintering)

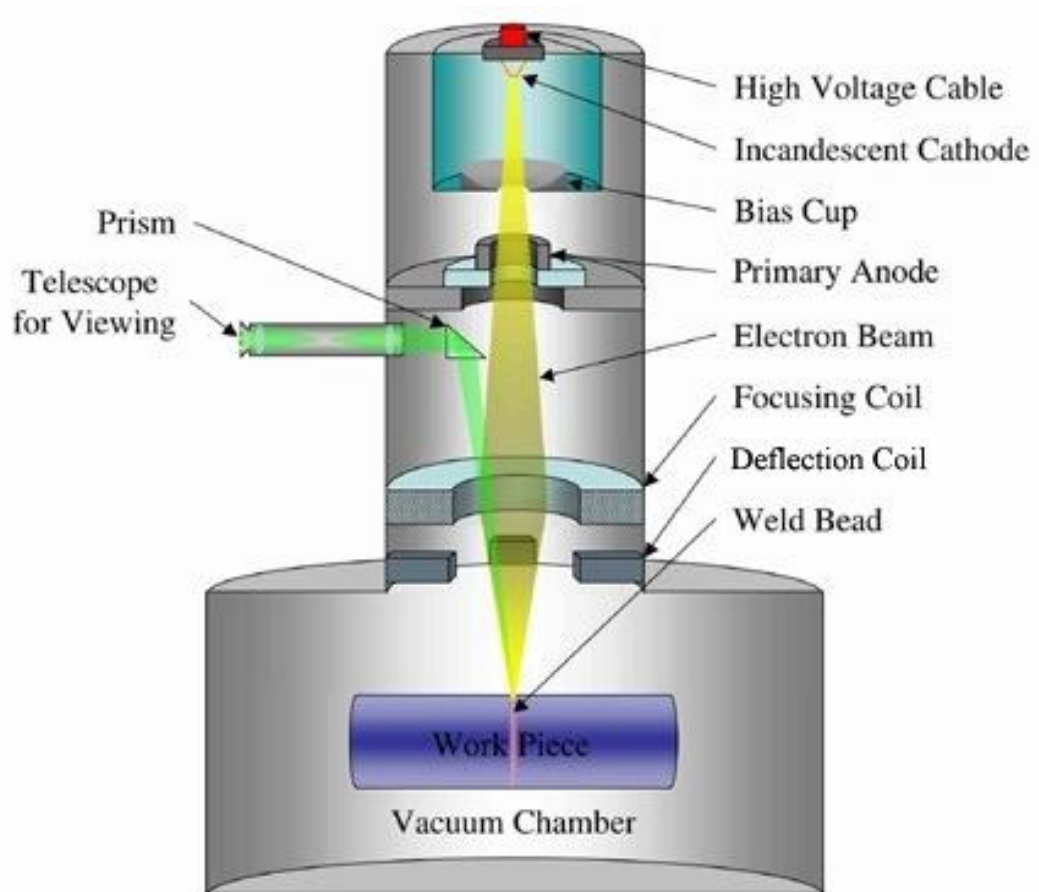
DMLS-tulostaminen on periaatteeltaan samanlainen kuin SLS-tulostaminen, mutta DMLS-tekniikalla luodaan kappaleita metallijauheeseen (Kuva 3.). Erona SLS-tekniikan ja DMLS-tekniikan välillä on eri tulostusmateriaalien käyttö. DMLS- tekniikassa käytetään huomattavasti korkeatehoisempaa laseria ja korkeampia lämpötiloja kuin SLS-tulostimissa. DMLS-tekniikka on kalliimpi kuin aikaisemmin mainitut vaihtoehdot. Materiaalivaihtoehtoina DMLS-tulostamisessa on teräs, ruostumaton teräs, alumiini, pronssi, kromi sekä titaan. DMLS-tulostimia käytetään lähinnä lentokoneteollisuudessa korkeiden lämpötilakestävyyksien takia, mutta käyttökohteita löytyy myös lääketieteen puolelta sekä teollisuuden pikamallinnus sovelluksista. (Custompartnet 2014.)



Kuva 3. DMLS-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.4 EBM-tekniikka (Electron Beam Melting)

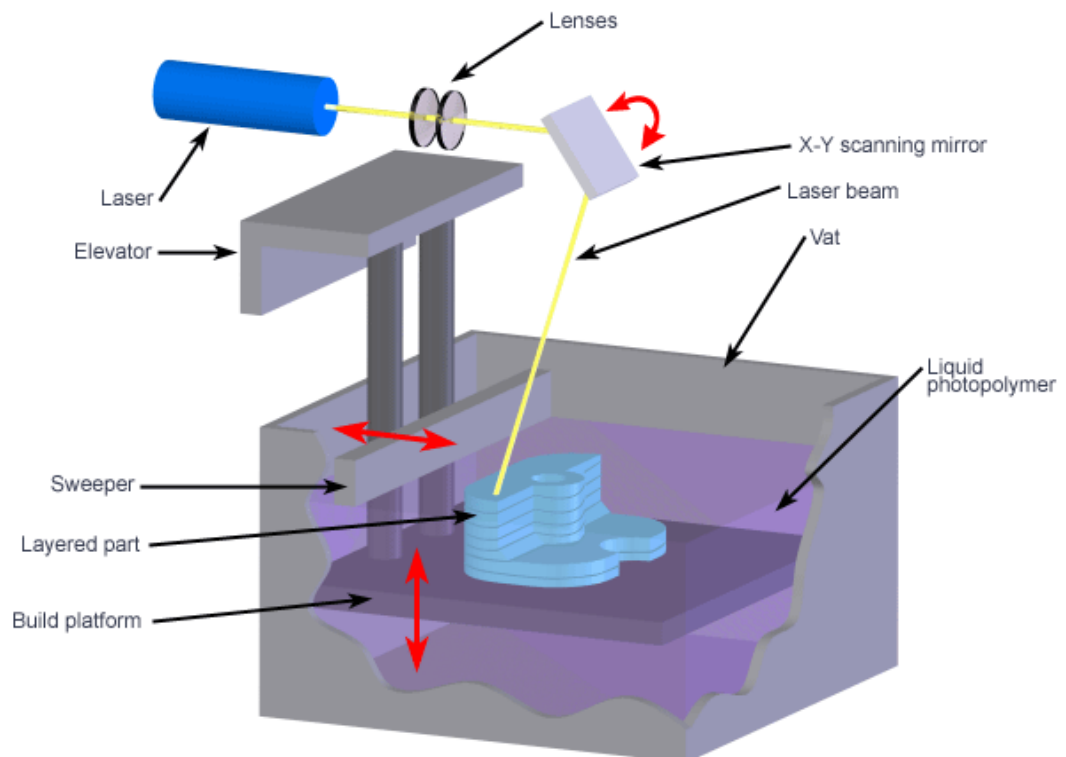
EBM-tekniikka eroaa edellä mainituista SLS- ja DMLS-tekniikoista siten, että EBM-tekniikassa käytetään laserin sijasta elektronisädettä kuumentamaan materiaalia. EMB-tekniikassa työskentely tapahtuu tyhjiössä ja korkeissa lämpötiloissa (Kuva 4.). EBM-tekniikan yksi suurimmista eroista verrattuna muihin tekniikoihin on se, että kappaleista tulee erittäin kestäviä ja korkeita lämpötiloja kestäviä. EBM- tekniikalla tulostettuja kappaleita pystytään vertaamaan kestävyydeltään taottuihin kappaleisiin. Materiaalina EBM-tulostimissa käytetään lähinnä titaania tai koboltti-kromia. EBM-tekniikkaa käytetään lähinnä kestävien prototyyppien luomiseen. Näiden kestävyys ominaisuuksien vuoksi myös lääketiede käyttää tekniikkaa erilaisten implanttien tekemiseen. (Thre3d 2014.)



Kuva 4. EBM-tulostimen toimintaperiaate (Whiteclouds 2014).

3.5 SLA-tekniikka (Stereolithography)

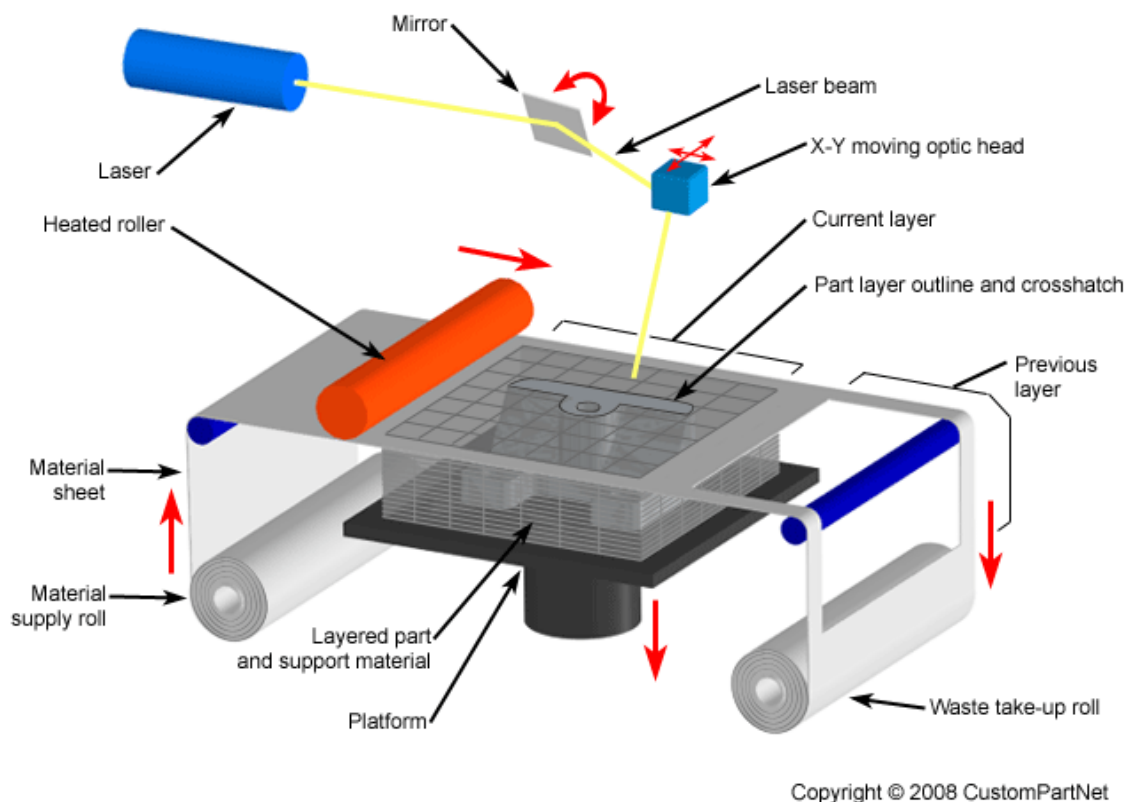
SLA-tekniikka on yksi yleisimmistä valmistusmenetelmistä. SLA-tulosteet ovat tarkkoja ja yksityiskohtaisia. SLA-tulostus tapahtuu kovettamalla UV-laserin avulla altaaseen sijoitettua valoherkkää polymeerihyytelömassaa (Kuva 5.). SLA-tekniikka vaatii usein tukimateriaalin lisäämistä tuotteeseen, jotta kappale pystytään tulostamaan. Tukimateriaali poistetaan kappaleesta manuaalisesti uunissa kovettamisen jälkeen. SLA-tekniikka on nopea tapa valmistaa kappaleita. SLA-tekniikkaa käytetään hyväksi form-/fit-testauksissa, erilaissa toiminnallisissa testauksissa, yksityiskohtaisten kappaleiden luomisessa, sekä mallien luomiseen esitysten tueksi. (Custompartnet.com.)



Kuva 5. SLA-tulostuksen toimintaperiaate (Intellectual ventures lab 2014).

3.6 LOM-tekniikka (Laminated Object Manufacturing)

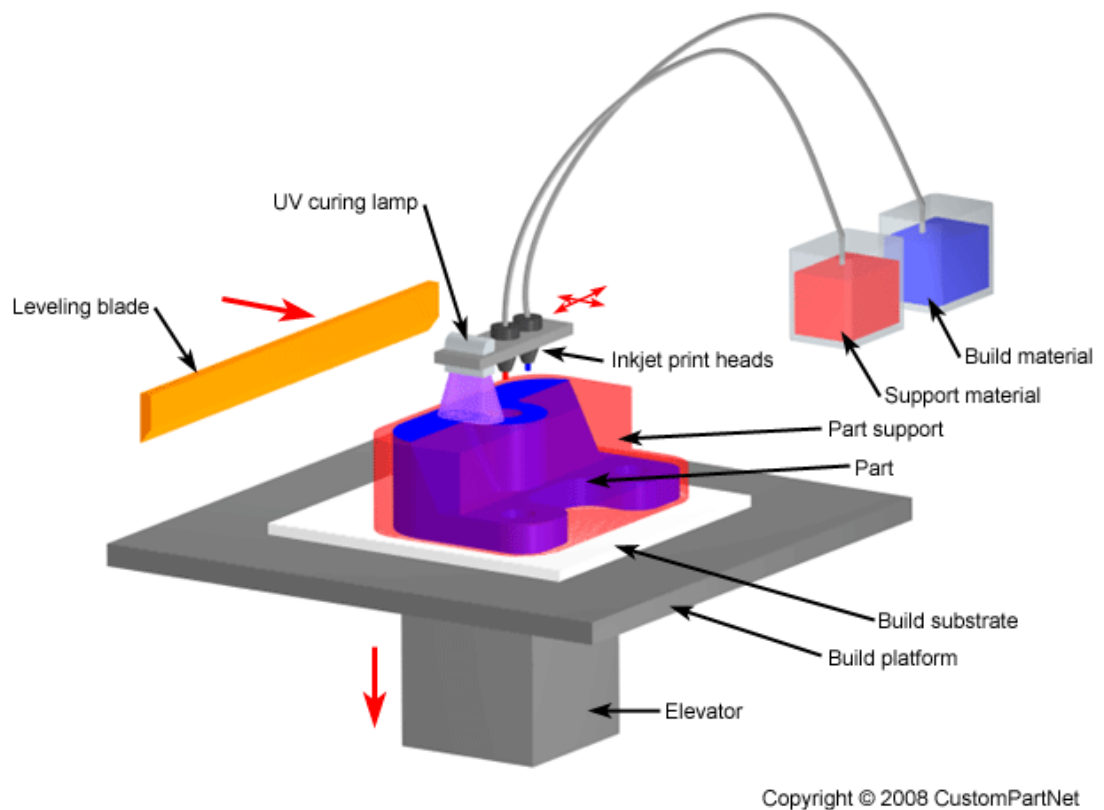
LOM-tekniikka eroaa huomattavasti edellä mainituista tekniikoista. LOM-tekniikka perustuu pintojen laminoimiseen yhteen. Laminoimisen jälkeen kappaleen ulkoreunan muodot leikataan laserin avulla ja päälle laminoidaan uusi pinta. Tämä toimenpide toistuu, kunnes kappale on valmis (Kuva 6.). LOM-tekniikka ei ole niin yleinen verrattuna muihin valmistusmenetelmiin, koska sen tarkkuus ja materiaalien kestävyys on huomattavasti huonompi kuin muissa valmistusmenetelmissä. Materiaalina LOM-tulostimet käyttävät PVC-muoveja, paperia tai erilaisia komposiitteja. LOM-tulostuksen käyttökohteina ovat vähemmän tarkkuutta ja yksityiskohtia vaativat kappaleet. (Custompartnet 2014.)



Kuva 6. LOM-tulostimen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.7 JP-tekniikka (Jetted Photopolymer)

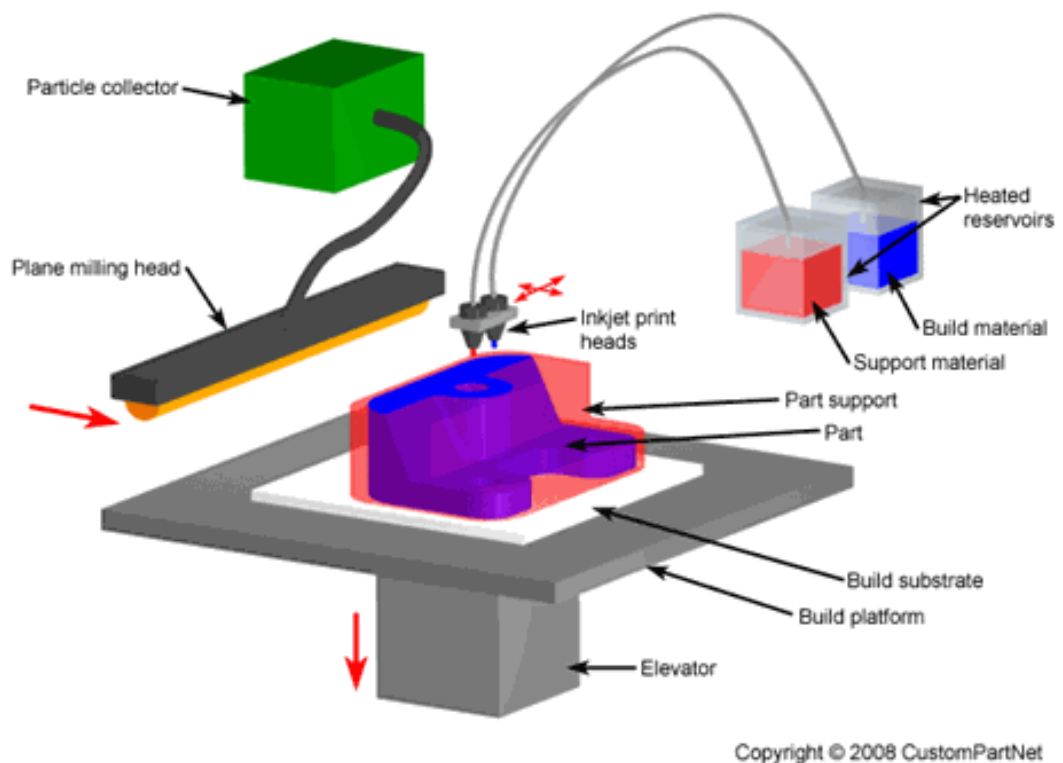
JP-tekniikka perustuu SLA-tekniikkaan sekä perinteiseen mustesuihkutulostukseen. JP-tulostimen tulostuspää suihkuttaa materiaalin tulostuspinnalle, joka kovetetaan käyttämällä UV-laseria (Kuva 7.). JP-tekniikka on erittäin nopea ja tarkka valmistus menetelmä, mutta tekniikan heikkoutena on se, että tehdyt kappaleet eivät ole kovinkaan kestäviä. JP-tulosteita käytetään yleensä form-/fit-testaukseen, yksityiskohtaisten kappaleiden luontiin, kuten erilaisien korujen sekä erilaisten lääketieteen sovelluksien käyttökohteisiin. (Custompartnet 2014.)



Kuva 7. JP-tulostimen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.8 MJM-tekniikka (Multijet Modeling)

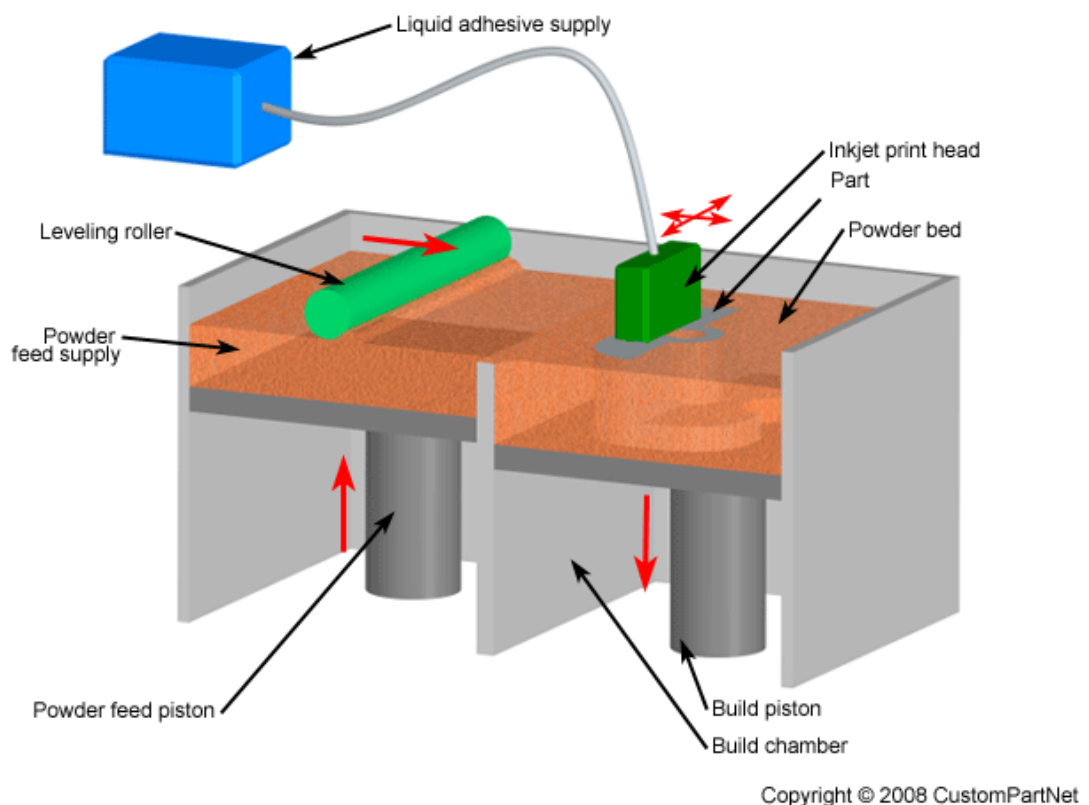
MJM-tekniikassa käytetään leveää tulostuspäätä, johon on sijoitettu useita materiaalia ruiskuttavia suuttimia. Suuttimet kuumentavat materiaalin ja tiputtavat sulan materiaalin, joka kovettuu nopeasti tulostuspintaan (Kuva 8.). Useamman suuttimen ansiosta MJM-tulostimella voidaan tulostaa useitakin kappaleita samanaikaisesti. MJM-tekniikka on hidas, mutta sillä pystytään valmistamaan erittäin tarkkoja ja pinnanlaadultaan hyviä kappaleita. Kuitenkaan tulostetut kappaleet eivät ole kovin kestäviä, ja tekniikkaa rajoittaa materiaalivaihtoehtojen niukkuus. MJM-tekniikkaa käytetään form-/fit-testauksessa, koruteollisuudessa, lääketieteen sovelluksissa sekä erityistä tarkkuutta vaativissa kappaleissa. Materiaalina MJM-tulostimet käyttävät erilaisia muoveja ja tukirakenteena vahapohjaisia materiaaleja. (Custompartnet 2014.)



Kuva 8. MJM-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.9 3DP-tekniikka (Three Dimensional Printing)

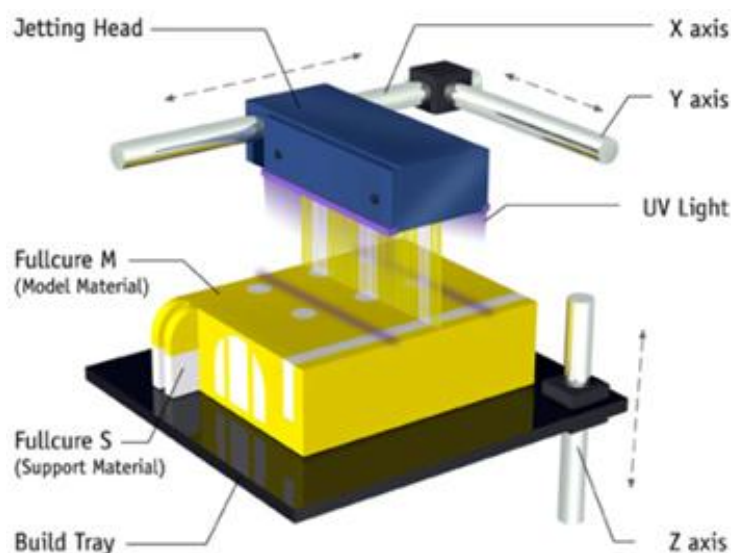
3DP-tekniikka on hyvinkin samanlainen kuin SLS-tekniikka. 3DP-tekniikassa laserpään tilalla on mustesuihkutyylinen tulostuspää, josta kovettavaa materiaalia lisätään jauhepedillä olevaan materiaaliin. Ylimääräinen jauhemateriaali toimii kappaleen tukirakenteena ja se poistetaan tulostamisen jälkeen, esimerkiksi paineilmaa hyväksi käyttäen (Kuva 9.). 3DP-tekniikalla pystytään tekemään erilaisia keraamisia, muovisia ja metallisia kappaleita. Tekniikan etuna on sen nopeus ja edullisuus verrattuna muihin valmistusmenetelmiin. 3DP-tekniikan haittapuolena on kuitenkin tarkkuus, pinnanlaatu sekä kestävyys. Tekniikkaa käytetään yleensä erilaisten mallien / prototyyppien luomiseen, arkkitehti / maisema luonnosten tekemiseen sekä tavallisten käyttö / kulutus tavaroiden luomiseen. (Custompartnet 2014.)



Kuva 9. 3DP-tulostuksen toimintaperiaate (Custompartnet 2014).

3.10 Polyjet-tekniikka

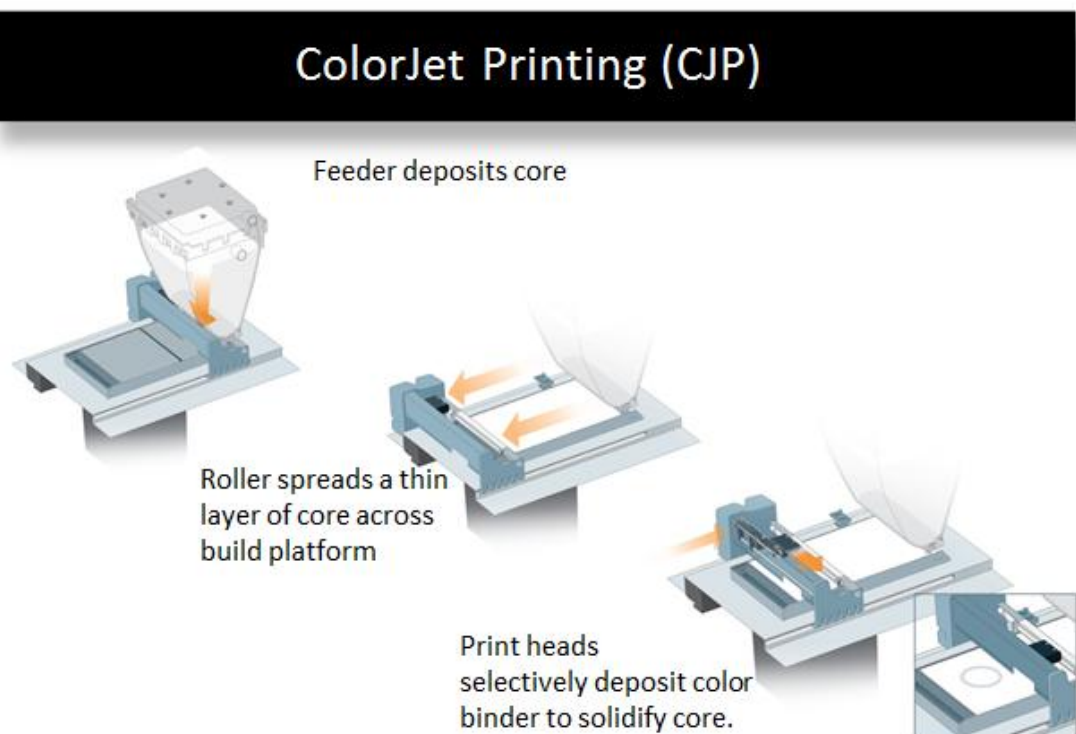
Polyjet-tekniikka on Stratosyksen patentoima, jota se käyttää hyväkseen Objet-sarjan 3D- tulostimissaan. Polyjet-tekniikka pohjautuu JP-tulostustekniikkaan. Sen sijaan, että tulostin tiputtaisi vain pisaran materiaalia tulostuspinnalle, tulostin luo valopolymeerikalvon tulostuspinnalle. Tulostin kovettaa valopolymeerikalvon UV-valon avulla määrätyistä paikoista ja tämä prosessi toistuu, kunnes kappale on valmis (Kuva 10.). Polyjet-tekniikalla tulostetut kappaleet ovat heti käyttövalmiita, eivätkä ne tarvitse jälkikäsittelyä. Polyjet-tekniikalla pystytään luomaan myös ulokkeita ja haastavia geometrisia malleja. Kappaleeseen luodaan geelin tyylisestä materiaalista tukirakenne, joka on helposti poistettavissa käsin tai veden avulla kappaleen valmistuttua. Tulostustekniikalla pystytään myös käyttämään hyväksi useampaa materiaalia samanaikaisesti luomalla eri ominaisuuksia omaavia kappaleita. Polyjet-tulostustekniikka tarjoaa monia etuja nopeiden prototyyppien luomiselle, mukaan lukien hyvän pinnanlaadun, yksityiskohtaisten mallien luomisen, sileät pinnat, nopeuden sekä tarkkuuden. Polyjet-tekniikalla pystytään myös käyttämään hyväksi useita eri materiaaleja läpinäkyvistä muoveista värillisiin muoveihin. Polyjet-tekniikkaa käytetään hyväksi myös lääketieteessä ja hammaslääketieteessä. (Stratasys 2014.)



Kuva 10. Polyjet tulostuksen toimintaperiaate (University of Saskatchewan College of Engineering 2014).

3.11 CJP-tekniikka (Color Jet Printing)

CJP-tulostustekniikka on periaatteeltaan samanlainen kuin SLS-tekniikka, mutta tulostuspää mahdollistaa sekä väriaineiden että värittömien aineiden levittämisen kappaleeseen tulostusprosessin aikana. Kappale päällystetään tulostuksen jälkeen erilaisilla pinnoitteilla, joilla luodaan haluttu pinnanlaatu (Kuva 11.). CJP-tekniikalla pystytään käyttämään hyväksi lukuisia eri muovipohjaisia materiaaleja. CJP-tekniikalla on helppo luoda värillisiä kappaleita. Tekniikka soveltuu erinomaisesti esimerkiksi arkkitehtimallien ja muiden esittely tarkoitukseen luotujen mallien tekemiseen. CJP-tulostustekniikka on Stratasyn patenttoima tekniikka ja Stratasys käyttää tekniikkaa omissa CJP-tulostimissaan. (Stratasys 2014.)



Kuva 11. CJP-tulostuksen toimintaperiaate (Tavco 2013).

4. 3D-TULOSTUKSEN KÄYTTÖKOHTEET

4.1 Yritysten käyttökohteet

3D-tulostimien yleistymisen sekä niiden geometrinen rajoittamattomuus on mahdollistanut 3D-mallien käytön hyvinkin laaja-alaisesti. Yritykset ovat alkaneet tuottamaan 3D-malleja visualisoimaan esimerkiksi omakotitalojen rakennetta perinteisten pohjakuvien ja julkisivukuvien ohella. Asiakas saa tällöin paremman kokonaiskuvan talon rakenteesta, mikä taas edesauttaa yritysten tuotantoa. Pk-rakennusyritysten osalta tilanne on tällä hetkellä heikko. Etenkin rivija pientalojen markkinointimateriaali on varsin vaatimatonta, ja se rajoittuu usein kohteen visualisointeihin (valokuvan näköisiin julkisivukuviin) ja esitteisiin. (VTT 2013.)

3D-tulostimien kehittyminen tarkemmiksi mahdollistaa erialojen yrityksille luoda jo suunnitteluvaiheessa edullisia ja nopeasti mallinnettavia kappaleita / prototyyppejä havainnollistamaan mahdollisia epäkohtia tai suunnitteluvirheitä. Suunnitteluvaiheessa huomautetut virheet tulostettujen mallien avulla säästävät yrityksille huomattavasti pääomaa verrattuna siihen, että virhe havaittaisiin vasta tuotantovaiheessa.

3D-tulostimien rajoittamattomuus on mahdollistanut myös sen, että ne ovat laajentuneet esimerkiksi lääketieteen ja ilmailutekniikan puolelle. Tulostimet pystyvät nykyään tuottamaan jo ihmiselle sopivaa ihoa geeniperimän pohjalta, sekä tulostamaan erilaisia lentokoneiden osia, joita olisi hankalaa tai mahdotonta tuottaa perinteisin menetelmin. 3D-tulostimien antama materiaalivapaus on luonut täysin uudenlaisia mahdollisuuksia erialojen yrityksille muutamassa vuodessa.

Materiaalia lisäävän teknologian kehittyminen laadukkaammiksi sekä työntekijöiden tietotaidon lisääntyminen on edesauttanut teollisuuden kehittymistä huomattavasti. Teknologian kehittyminen on luonut huomattavasti uusia yrityksiä,

jotka toimivat eri teollisuuden aloilla 3D-tulostamiseen liittyen. Teknologian luomat käyttökohteet yrityksille ovat rajoittamattomat.

4.2 Yksityishenkilöiden käyttökohteet

3D-tulostimien yleistyminen on myös avannut markkinat yksityishenkilöiden 3D-tulosteille. Halvimpien 3D-tulostimien avulla yksityishenkilö voi tuottaa kotonaan tulosteita omien suunnitelmien pohjalta tai verkosta löytyvien valmiiden CAD-kuvien avulla. 3D-tulostimien valtava lisääntyminen johtuu osaltaan myös siitä, että useat tekniikkaan liittyvistä patenteista vanhentuivat vuonna 2009. Tästä johtuen markkinoille saapui monia halvempia 3D-tulostimia tekeviä yrityksiä. Halvemmat 3D-tulostimet ovat tällä hetkellä lähinnä harrastajien käytössä, mutta niiden oletetaan yleistyvän lähitulevaisuudessa. Halvimmat yksityiskäyttöön tarkoitetut tulostimet on mahdollista hankkia jo muutamalla tuhannella eurolla. Yksityishenkilöille tarkoitetuissa 3D-tulostimissa on yleensä rajoitettu materiaalien valinta. Yleisimmät yksityishenkilöiden käyttämät 3D-tulostimet pystyvät tuottamaan vain muovisia kappaleita.

Tutkittaessa esimerkiksi Shapewaysin tai Thingiversen kaltaisten 3D-tulostukseen erikoistuneiden yritysten sivustoja, pystytään havaitsemaan yksityishenkilöille tarkoitettujen tulosteiden vaihtelevan hyvinkin yksinkertaisista tulosteista vaikeisiin tulosteihin. Thingiversen kaltaisia sivustoja, joissa yksityishenkilöt pystyvät tuomaan omat mallinuksensa muiden palvelun käyttäjien saataville, edesauttaa 3D-tulostamisen yleistymistä yksityishenkilöiden parissa. Thingiversen ja monien muidenkin sivustojen periaatteena on se, että henkilö rekisteröityy sivustolle ja tämän jälkeen henkilö pystyy lataamaan ja tulostamaan minkä tahansa haluamansa kappaleen. Shapewaysin ja Thingiversen kaltaiset sivustot luovat harrastelijoille paikan keskustella ja jakaa tietoaan tulostamiseen liittyvistä asioista. Sivustot ovat luoneet verkkoon 3D-tulostamisen parissa viihtyvän yhteisön, jossa käyttäjät laajentavat sivustoja jatkuvalla tahdilla. Sivustot antavat ihmisille mahdollisuuden kommentoida ja kertoa omista kokemuksistaan muille harrastajille ja 3D-tulostamisesta kiinnostuneille henkilöille.

Shapeways ja Thingiverse ovat yksi suuri syy, minkä vuoksi 3D-tulostaminen on levinnyt laajalti yksityishenkilöiden parissa viime vuosina.

Lukiessa esimerkiksi Thingiversen sivuilla käyttäjien kommentteja ja keskustelua saa hyvän kuvan, kuinka sivuston käyttäjät soveltavat 3D-tulostinta arkisissakin asioissa. Käyttäjät tulostavat kahvikupin alusista taide-esineisiin 3D-tulostinten avulla (Kuva 12.).



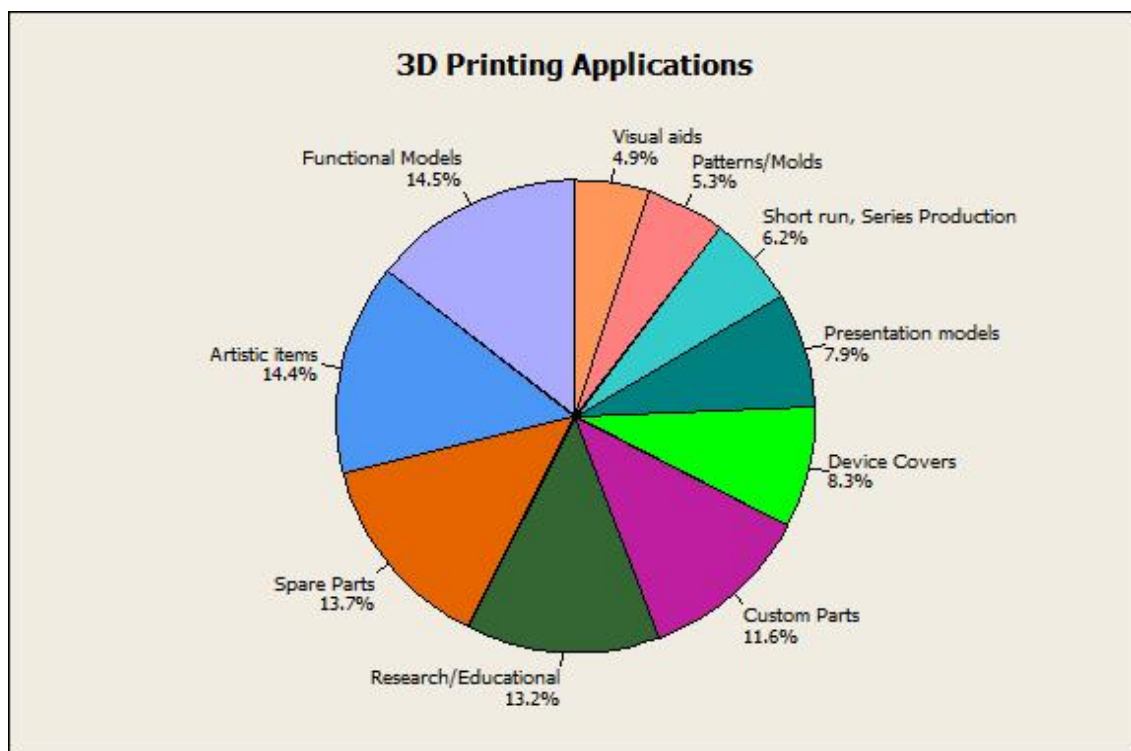
Kuva 12. 3D-tulostimella tuotettu suojakuori (Shapeways 2014).

5. 3D-TULOSTEIDEN LISÄÄMINEN PAINOTALON TUOTEVALIKOIMAAN

5.1 Painotalon mahdolliset tuotevalikoimat

Vaikka 3D-tulostaminen on yleistynyt monella teollisuuden ja tekniikan alalla, painotalojen kaltaisten yritysten olisi hyvä pysyä mahdollisimman yksinkertaisissa tulosteissa. Esimerkiksi arkkitehtitoimistojen tuottamat talojen visuaaliset mallit tai yksityishenkilöiden tuottamat pienet kulutuskappaleet ovat sopivassa suhteessa painotalojen tietotaitoon.

Vuonna 2012 Shapeways yhteistyössä P2P Foundationin kanssa suoritti kyselyn 3D-tulostukseen liittyen. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää mihin käyttötarkoitukseen 3D-tulosteita käytetään.



Kuva 13. 3D-tulosteiden eri käyttökohteita (Shapeways 2012).

Tutkittaessa 3D-tulosteiden käyttökohteita (Kuva13.) pystytään poimimaan mahdollisia tuoteryhmiä, jotka ovat realistisia tuottaa painotalon tapaisessa yrityksessä. Esimerkiksi visuaalisten esittelymallien luonti arkkitehtien tai rakennusyritysten avuksi on realistinen käyttökohde.

Useat tutkimuksen käyttökohteista ovat mahdollisia toteuttaa painotaloissa. Kuitenkin useissa käyttökohteissa tulee vastaan mahdolliset materiaalien ja 3D-tulostimien asettamat rajoitukset. Yrityksen tulisi investoida laajalti eri tekniikoihin vastatakseen kaikkien käyttökohteiden tarpeisiin. Tämä ei kuitenkaan ole realistista, joten tämäkin on yksi rajoitteista, joka tulee ottaa huomioon 3D-tulostin konseptia rakennettaessa.

5.1.1 Tuotevalikoima yrityksille

Yrityksille painotalot pystyisivät luomaan konseptin, jossa luodaan pieneriä esimerkiksi kappaleiden prototyypeistä. Painotalojen luoman konseptin ongelmina ovat kuitenkin mahdollisten 3D-tulostimien asettamat rajoitteet, esimerkiksi materiaalit, tulostuskammioiden koko, tarkkuus ja pinnanlaatu. Painotalojen kaltaiset yritykset eivät luultavimmin investoi suurempiin ja kehittyneimpiin teollisuuden käyttämiin 3D-tulostimiin, joilla pystytään tulostamaan esimerkiksi pelkästään metallisia kappaleita.

Aikaisemmin mainittu arkkitehtitoimiston luoma visuaalisen maiseman tai talon pohjakuvan mallintaminen on hyvä esimerkki siitä, minkä tyylistä konseptia painotalon tulisi lähteä kehittämään eteenpäin. Rakennusteollisuuden yritysten ollessa jo valmiiksi painotalojen asiakkaana muun muassa esitteiden, tonttitaulukojen ja rakennuslupakuvien tulostamisen kautta, on painotaloilla mahdollisuus saada rakennusteollisuuden verkostoista asiakkaita myös 3D-tulostamisen tuotteille. Tällä hetkellä pk-rakennusyritykset teettävät markkinointimateriaalinsa alihankintana pienillä yrityksillä. Pienten rakennusyritysten kohdalla pullonkaulana on verkoston sirpaleisuus: yksi toimisto suunnittelee ja mallintaa talon, yksi toimisto tekee kuvankäsittelyn ja esitteitä, yksi tulostaa 3D-tulostimella maisemakuvan ja niin edelleen. Pienyritysverkosto on sinänsä toimiva ratkaisu,

mutta se on varsin kallis pk-rakennusyritykselle. Painotaloille tämä tarkoittaa mahdollisuutta kokonaan uuteen palveluliiketoimintaan: rakennusteollisuudelle suunnattu kokonaispalvelu. Palvelu tuottaisi paitsi viranomaisten vaatimat painotuotteet, myös rakennusyritysten tarvitseman myynti- ja markkinointimateriaalin lähtien arkkitehtien tuottamista tietomalleista (Kuva 14.). (VTT 2013.)



Kuva 14. 3D-tulostettu luonnos talosta (VTT 2014).

5.1.2 Tuotevalikoima yksityishenkilöille

Yksityishenkilöille pystytään luomaan painotaloissa konsepti, jossa asiakas luo oman luonnoksensa esimerkiksi avaimenperästä, koriste-esineestä, tai asiakkaan itse suunnittelemista silmälasien sangoista. Luonnoksen avulla painotalossa pystytään mallintamaan 3D-tulostimelle CAD-malli ja tulostamaan kappale asiakkaalle. Painotalot pystyvät itse määrittelemään kappaleiden koon, laadun ja materiaalin eri 3D-tulostus tekniikoiden mukaisesti asiakkaille. Yksityishenkilöiden luomat markkinat ovat kuitenkin selvästi pienemmät kuin yritysten luomat markkinat. Painotaloissa tulee kuitenkin ottaa huomioon se, miten tulostamisen tuottamat mahdollisuudet markkinoidaan yksityishenkilöille. 3D-tulostustekniikan

ollessa vielä suhteellisen uutta, voi yksityishenkilöille olla tuntematonta tekniikan tuomat käyttömahdollisuudet.

5.2 Kappaleiden tilaaminen alihankintatyönä

Mahdollisten kappaleiden tilaaminen alihankintatyönä, esimerkiksi Shapewaysistä, oli yhtenä yrityksen vaihtoehtona. Alihankintana tilattaessa konsepti koostuisi asiakkaan toiveiden mukaisen CAD-kuvan tuottamisesta, mutta CAD-kuvan tuottamisen jälkeen kuva lähetettäisiin eteenpäin yritykselle, joka tuottaisi CAD-kuvan perusteella itse kappaleen.

Toimivan alihankintana tapahtuvan 3D-tulostuskonseptin luominen vaatii kuitenkin toimivaa liiketoimintarakennetta, jossa yritys pystyy nopeassa ajassa tuottamaan toimivan mallin asiakkaan luonnoksista, sekä tilaamaan sen alihankintatyönä. Tässäkin konseptissa ongelmat ovat välikäsien kautta tapahtuva prosessi, joka vaikuttaa taas tulosteiden hintoihin. Yksinkertaisenkin kappaleen tuotantokustannukset, postitukset ja malliin tehtävät muutokset nostavat kappaleen hintaa. Unohtamatta kustannuksia, mikäli kappale ei ole asiakkaan laatuvaatimuksien mukainen, ja se joudutaan tuottamaan uudestaan. Tällöin etuna olisi investoida omaan tulostimeen, jossa pystytään laatua tarkkailemaan jo yrityksen sisällä.

5.3 3D-tulosteisiin liittyviä ongelmia

3D-tulosteiden erilaisista haasteista löytyy artikkeleita useistakin eri lähteistä. Suurimmat ongelmat koskevat lähinnä asiakkaan tyytymättömyyttä tuotteen lopputulokseen. Teknologian kehittyessä yksityishenkilöt ovat alkaneet tilata itse suunnittelemaansa tuotteita alihankintana 3D-tulostuksia tuottavilta yrityksiltä. Yritykset antavat asiakkaalle mahdollisuuden valita eri materiaalivaihtoehdoista haluamansa ja tuottavat kappaleen asiakkaan toiveiden mukaisesti. Useissa tapauksissa asiakkaan oletus laadusta tai ulkonäöstä ei kuitenkaan vastaa to-

dellisuutta ja tämä koetaan suurena ongelmana. Teollisuudessa käytettävillä, huomattavasti kalleimmilla laitteistoilla, pystytään tuottamaan erittäin laadukkaita tuotteita. Tämä kuitenkin johtaa siihen, että tuotteen hinta voi nousta hyvinkin korkeaksi. Ongelmana on siis luoda halvempi yksityishenkilöillekin sopiva tuotekonsepti, jossa laatu on kuitenkin riittävä.

Yksityishenkilöille luodussa konseptissa nousee ongelmaksi myös se, miten yritys pystyy mallintamaan 3D-tulostimella. Asiakkaat luovat omia suunnitelmiaan, jotka saattavat muodostua mahdottomaksi toteuttaa 3D-tulostimella. Mallinnus vaiheessa kappale saattaa vielä olla toimiva kokonaisuus, mutta 3D-tulostimella mallinnettuna kappaleessa saattaa olla selvästi havaittavia virheitä, esimerkiksi pinnanlaadussa tai kappaleen geometriassa. Ongelmaksi muodostuukin yrityksessä se, miten välttää niin sanottujen turhien kappaleiden tulostaminen. Näistä koituu yritykselle vain kuluja eikä tuottoa.

Ongelmia on myös verkostojen välillä. Yhdellä mallinnusohjelmalla tuotettu malli ei välttämättä siirry oikein 3D-tulostimelle. Kun ohjelmistokirjo on hyvinkin laaja ja työnkulkua ei ole vakioitu, yritykset joutuvat tekemään moninkertaista työtä. Esimerkiksi arkkitehtitoimistolla olevalla suunnitteluohjelmalla tehty malli ei välity samanlaisena painotalon käyttämälle ohjelmistolle, jossa joudutaan tekemään malliin muokkauksia sen saamiseksi asiakkaan toiveiden mukaiseksi. (VTT 2013.)

5.4 3D-tulostamisen tulevaisuus

3D-tulostuksen kehittymistä on verrattu jo seuraavaan teolliseen vallankumoukseen (Sandvik Coromant 2014). Tulevaisuudessa insinöörit ja suunnittelijat istuvat tietokoneen ääressä, suunnittelevat mielikuvitteellisesti kappaleen, minkä jälkeen tulostavat kappaleen 3D-tulostimen avulla. 3D-tulostaminen mahdollistaa erittäin hankalien ja haastavien kappaleiden luomisen, mikä edesauttaa monien teollisuuden ja tieteenalojen laajan kehittymisen. Villeimpien arvioiden mukaan tulevaisuudessa lähiökortteleissa on pieniä kioskien tyyliä putiikkeja,

joissa asukkaat voivat käydä tulostamassa tarpeidensa mukaan kappaleita ja varaosia. Jopa Yhdysvaltojen presidentti Barack Obama viittasi huhtikuussa 2013 Yhdysvaltojen senaatille pitämässään puheessaan 3D-tulostamisen luomiin mahdollisuuksiin ja siihen, miten 3D-tulostaminen tuo tekniikanalan työpaikkoja Aasian halpatyövoiman maista takaisin Yhdysvaltoihin. (CNN 2013).

3D-tulostamisen tuomat mahdollisuudet ovat rajoittamattomat. Lääketieteen käyttöön soveltuvien 3D-tulostimen kehittyminen on mahdollistanut lääkäreille ihmisten eri ruumiinosien tulostamisen. Lääkärit ovat onnistuneet tulostamaan Britanniassa moottoripyörä onnettomuudessa olleelle miehelle uudet nenä-, leuka- ja poskiluut titaanista. Operaation jälkeen mies sai kasvonsa takaisin. Kasvot olivat lähes samanlaiset kuin ennen onnettomuutta. (Turun Sanomat 2014). Tulevaisuudessa odotetaan, että bioprinttaus yleistyy niin paljon, että siitä tulee osa jokapäiväistä lääketiedettä. (Explainingthefuture 2014).

3D-tulostamista kehitetään myös rakentamisen puolella siten, että suurella 3D-tulostin tekniikkaan pohjautuvalla laitteella tuotettaisiin asuintaloja. Tekniikkaa kutsutaan Contour craftingiksi. Valmistusperiaate on samantyylinen kuin FDM-tulostimissa, mutta laitteen materiaalina on betoni ja tiilet (Kuva 15.). Tämän kaltainen teknologian kehittyminen nopeuttaa tulevaisuudessa asuintalojen rakentamista huomattavasti. Contour craftingin kehittyessä Nasa suunnittelee käyttävänsä tekniikkaa rakentaakseen kuuhun tukikohdan. (Nasa 2013).



Kuva 15. Contour crafting talonrakennuksessa (Whiteclouds 2014).

5.5 3D-tulostimen lisääminen tuotevalikoimaan

Tällä hetkellä 3D-tulostamisen yleisyys ja mahdollisuudet Suomessa ovat riippuvaisia lähinnä yritysten ja yksityishenkilöiden tietämyksestä tekniikkaa kohtaan. Yrityksen investoidessa 3D-tulostimeen, tulisi yrityksen markkinoida 3D-tulostus konseptia laajalti, jotta tieto tekniikasta leviäisi myös useampien yksityishenkilöiden ja yritysten tietoon. Yrityksen ehdottama 3D-tulosteiden tilaaminen alihankintatyönä on siis tämän hetken Suomen markkinoilla varteenotettava vaihtoehto, ja investoinnit 3D-tulostimeen tapahtuisivat lähitulevaisuudessa. Jättämällä investoinnin tekemisen lähitulevaisuuteen, yrityksellä on aikaa rauhassa tehdä valintoja tulostimien sekä markkinoinnin suhteen.

Tulostimen valinnassa tulee myös ottaa huomioon tämän hetken ja tulevaisuuden markkinat. Yksityishenkilöihin kohdistuneet 3D-tulostusmarkkinat tulee olemaan murto-osa siitä, mitä yrityksille suuntautuvat markkinat tulevat olemaan. Yksityishenkilöille tarkoitetut 3D-tulostimet ovat hinnoiltaan kuluttaja ystävällisiä. Yksityishenkilöiden ongelmaksi saattaa myös muodostua tulosteiden kallis hinta verrattuna käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi elektroniikkalaitteiden suojakuoria tuottaessa hinta saattaa nousta helpostikin hyvin korkeaksi. Yrityksen tulee siis keskittyä tulostimen hankintaprosessissa lähinnä yrityksille tarkoitettuihin tulosteisiin, kuten esimerkiksi arkkitehtien visuaaliset talomallit. Tämä tulee ottaa huomioon 3D-tulostimen hankintaprosessissa. Tällöin pystytään pois sulkemaan 3D-tulostimet, joilla ei pystytä tuottamaan yrityksille esimerkiksi talojen visuaalisia malleja tai kappaleiden prototyyppejä.

6. PAINOTALOON SOPIVA 3D-TULOSTIN

6.1 Lähtökohdat

Painotalon yritys on pohtinut investoivansa 3D-tulostimeen lähitulevaisuudessa. Yritykseltä ei tullut mahdollisia rajoitteita 3D-tulostimelle. Pohdittaessa painotalon tuotantoympäristöön sopivaa 3D-tulostinta, voidaan pois sulkea suuret teollisuuden tarkoitetut 3D-tulostimet. Vertailusta voidaan pois sulkea myös halvimmasta päästä olevat, lähinnä yksityishenkilöille tarkoitetut niin sanotut tee-se-itse tulostimet. Painotaloon sopivassa 3D-tulostimissa keskitytään lähinnä tulostustekniikoihin, joilla pystytään luomaan yksinkertaisia ja materiaaliltaan muovisia tulosteita. Painotaloihin sopivassa 3D-tulostimessa tulisi kuitenkin olla seuraavat ominaisuudet painotettuina:

- Tulostus tarkkuus
- Pinnanlaatu
- Tulostusnopeus
- Tulostuskammion koko
- Materiaalit
- Sopivuus painotalon tuotantoympäristöön
- Väritulostus mahdollisuus

6.2 3D-tulostimen valinta

3D-tulostin tekniikan valinnassa otettiin huomioon painotaloille mahdollisena olevat tuotantokonseptit sekä tuotantoympäristö. Muovimateriaaleja tulostavia 3D-tulostustekniikoita on useampia, mutta kyseisessä tapauksessa päädyttiin tarkastelemaan lähemmin FDM-, SLS-, PolyJet-, sekä 3DP -tekniikoihin perustuvia 3D-tulostimia. Kyseiset tekniikat pystyvät sekä tuottamaan ominaisuuksiltaan vaadittavia muovikappaleita että toimimaan hyvin painotalojen tuotantoympäristöön (Taulukko 1.).

Taulukko 1. Vertailu eri tulostustekniikoille halutuista ominaisuuksista.

	FDM	SLS	3DP	PolyJet
Tulostustarkkuus	x	x		x
Pinnanlaatu		x		x
Tulostusnopeus	x	x	x	x
Materiaalit	x	x	x	x
Lujuus		x		
Soveltuvuus	x	x		x

Taulukon perusteella voidaan pois sulkea 3DP-tulostin tekniikka, joka soveltuu huonoiten vaadittuihin ominaisuuksiin. FDM-, PolyJet-, sekä SLS -tekniikat soveltuvat erinomaisesti painotalon vaatimuksiin.

Koska yrityksellä ei ole vaatimuksia 3D-tulostimien suhteen, työssä tarkastellaan lähemmin painotaloon sopivaa FDM-, PolyJet-, sekä SLS -tekniikkaan pohjautuvia 3D-tulostimia. Tämän hetken 3D-tulostin markkinoilla on kaksi suurempaa toimittajaa, jotka tekevät FDM-, PolyJet-, ja SLS -tulostimia. FDM- ja PolyJet -tulostustekniikkaan on erikoistunut laajemmin Stratasys, jonka Fortus ja Dimensions 3D-tulostin sarjat on vertailuissa tämän hetken FDM-tekniikan tulostimista laadukkaimpia monessa kategoriassa. Sekä Stratasyn Objekt-sarjan tulostimet ovat Polyjet-tekniikkaan perustuvia 3D-tulostimia. (Stratasys 2014). SLS-tekniikkaan on erikoistunut laajemmin 3dsystems, jonka ProJet 3D-tulostin sarja on SLS-tulostin tekniikassa omaa luokkaansa. (3dsystems 2014). Kummankin valmistajan luomat 3D-tulostin sarjat ovat soveltuvia painotalon tuotantoympäristöön.

6.3 3DSystems ProJet-sarja

3dsystems ProJet-sarja on kehitetty ammattimaiseen käyttöön. ProJet-sarjan tulostimet ovat kaikki SLS-tekniikkaan perustuvia 3D-tulostimia. Sarjasta löytyy eri vaatimuksiin tarkoitettuja tulostimia neljästä seuraavasta luokasta:

- Tarkkuutta ja tuottavuutta vaativille sovelluksille.
- RealWax mallit pienille ja erityistä tarkkuutta vaativille kappaleille.
- Maisema- ja visuaalisten arkkitehtimallien luomiseen.
- Lääketieteen vaatimuksille soveltuvien kappaleiden luomiselle.

Tarkkuutta ja tuottavuutta vaativille malleille on luotu oma ProJet-sarja, joka on kehitetty suureksi osaksi tulosteiden suunnittelemiseksi teollisuudelle. Nopeat ja yksityiskohtaiset kappaleet, joihin on mahdollista lisätä myös liikkuvia kappaleita, tulostuvat sarjan tulostimilla erinomaisella tarkkuudella. (3dsystems 2014.)

RealWax-sarjan tulostimilla on ominaista erilaisten pikkutarkkojen kappaleiden tulostaminen. Sarjan tulostimilla pystytään tulostamaan yksityiskohtaisia koruja ja muita tarkkoja kappaleita esimerkiksi elektroniikkateollisuudelle. Kappaleet voivat olla pieniä tai suuria riippuen sarjan tulostimesta. (3dsystems 2014.)

Maisema- ja arkkitehtisuunnitelmien mallintamiseksi kehitetty sarja tarjoaa erikoisuutena mahdollisuuden käyttää tulostimiin sisäänrakennettuja väripaljetteja. Sarjan tulostimet tarjoavat myös mahdollisuuden tulostaa suurempia kappaleita niiden tavallista suuremman tulostuskammion takia. Sarjan tulostimet ovat suunniteltu tarkoituksella tuottamaan visuaalisia malleja arkkitehtien ja rakennustoimistojen käyttöön. (3dsystems 2014.)

Lääketieteeseen sovelletut 3D-tulostimet ovat myös kehittyneet viimeaikoina huomattavasti. 3dsystems on kehittänyt lääketieteen kasvavalle tarpeelle oman 3D-tulostin sarjansa. Sarjan tulostimilla pystytään tekemään esimerkiksi kuulolaitteisiin soveltuvia osia ja hammaslääkäreiden tarpeisiin tarvittavia kappaleita. (3dsystems 2014.)

6.4 Stratasys Fortus- ja Dimensions -sarjan 3D-tulostimet

Stratatyksen Fortus- ja Dimension -sarjat ovat molemmat FDM-tulostustekniikkaan perustuvia 3D-tulostimia.

Stratasyksen Fortus-sarjan tulostimet ovat tarkkoja ja tulostusnopeudeltaan erittäin nopeita. Fortus-sarjan eri tulostimilla pystytään tulostamaan erikokoisia kappaleita riippuen tulostimen mallista. Fortus-sarjan tulostimien avulla pystyy valitsemaan haluamansa tulostuskerrospaksuuden kolmen tai neljän eri vaihtoehdon väliltä riippuen tulostinmallista. Fortus-sarjan tulostimilla pystytään tulostamaan myös useita eri materiaaleja. (Stratasys 2014.)

Dimension-sarja on luotu erityistä tarkkuutta, kestävyyttä ja yksityiskohtia vaativien kappaleiden valmistamiseen. Sarjan tulostimilla voi myös luoda värillisiä kappaleita valiten yhdeksän eri värin väliltä. (Stratasys 2014.)

6.5 Stratasys Objet-sarjan tulostimet

Stratatyksen Objet-sarja perustuu PolyJet-tulostustekniikkaan. PolyJet-tulosteiden ominaisuudet ovat erittäin hyviä. Polyjet-tulosteiden tarkkuus, pinnanlaatu ja nopeus ovat erinomaisia verrattuna tiettyihin perinteisiin 3D-tulostustekniikoihin. Objet-sarjan tulostimet tuottavat erittäin ohutta kerrospaksuutta, joka takaa hyvän pinnanlaadun ja kestävyuden kappaleille. Ohuen kerrospaksuuden ansiosta kappaleista voidaan luoda erittäin tarkkoja ja yksityiskohtaisia (Kuva 16.). Objet-sarjan tulostimilla tuotetaan lähinnä pieniä kappaleita pienen tulostuskammion vuoksi. Materiaaleina Objet-sarjan tulostimissa käytetään erilaisilla ominaisuuksilla varustettuja muovimateriaaleja. Objet-sarjan tulostimia käytetään myös hammaslääketieteen puolella, esimerkiksi hammaskruunujen ja -siltojen valmistamiseen. (Stratasys 2014.)



Kuva 16. Objet500-tulostimella tulostettuja värillisiä tuotteita (Stratasys 2014).

7. YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia painoalan yritykselle soveltuvia 3D-tulostustekniikoita ja 3D-tulostimia. Tavoitteena oli myös pohtia painoalan yritykselle sopivaa tuotekonseptia yrityksille sekä yksityisille henkilöille. Opinnäytetyössä tehtyjen pohdintojen perusteella pystyttiin tekemään päätelmiä siitä, minkälaisia 3D-tulostimia painoalan yritys tarvitsisi tuotekonseptin luomiseksi.

Markkinoilla on useita painotalon tuotantoympäristöön soveltuvia 3D-tulostimia. Tarkempaa 3D-tulostimen valintaprosessia varten tarvitaan yritykseltä laajempia rajoituksia 3D-tulostimien ominaisuuksien suhteen. Kuten liitteenä (Liite 1.) olevasta taulukosta pystytään lukemaan 3D-tulostimien ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti riippuen tulostustekniikasta, tarkkuudesta, materiaalivalinnoista ja tulostuskammion koosta.

Tavallisten kuluttajatuotteiden kysyntää vastaavan 3D-tulostimen ei tarvitse olla laadultaan aivan yhtä hyvä kuin teollisuuden yritysten vaatimuksiin tarkoitetut 3D-tulostimet. Kuluttajatuotteiden tulostamiseen soveltuvassa 3D-tulostamisessa tulisi olla kuitenkin samoja piirteitä kuin teollisuuskäyttöön tarkoi-

tetuissa 3D-tulostimissa. Edullisinta yrityksen kannalta olisi investoida yhteen 3D-tulostimeen, joka täyttäisi teollisuuden ja yksityishenkilöiden käyttövaatimukset. Tutkimuksen perusteella jokaisesta aikaisemmin mainituista kolmesta eri 3D-tulostintekniikasta löytyy ominaisuuksia, jotka vastaavat näihin vaatimuksiin.

3dsystemsien Projet-sarjan tulostimilla pystyttäisiin tuottamaan arkkitehtien visuaalisia talomalleja, tarkkoja prototyyppi kappaleita sekä yksityishenkilöiden omista luonnoksista kappaleita. 3dsystemsien Projet4500-3D-tulostin on kehitetty juuri arkkitehtuuristen mallien tulostamiseen. Projet4500-tulostimella pystytään tuottamaan värillisiä visuaalisia malleja, ja tämän ominaisuuden vuoksi se erottuu edukseen vertailussa. Ottaen huomioon, että yrityksen yhtenä konsepteista olisi rakennusteollisuuteen liittyvät 3D-tulosteet, kyseinen tulostin olisi sopiva konseptin luomiseksi. Projet-sarjan ainoana huonona ominaisuutena pidetään sen materiaaliriippuvuutta 3dsystemsien omiin Visijet-muoviseoksiin. Esimerkiksi Stratasyksen Fortus-sarjan tulostimissa on tulostusmateriaali vaihtoehtoja enemmän.

Mikäli yritys ei halua investoida SLS-tekniikkaan perustuviin Projet-sarjan tulostimiin, on vaihtoehtona Stratasyksen tuottamat 3D-tulostimet. Stratasyksen FDM-tekniikkaan perustuvat Fortus- ja Dimensions -sarjan ja Polyjet-tekniikkaan perustuvat Objet-sarjan tulostimet ovat laatuominaisuuksiltaan samaa luokkaa 3dsystemsien Projet-sarjan kanssa. Stratasyksen FDM- ja Polyjet -tulostimia on useampaa erimallia pienemmistä tulostimista suurempiin.

Stratasyksen Objet Eden500V 3D-tulostin on Polyjet-tulostustekniikkaan perustuva 3D-tulostin. Eden500V tulostimissa on suuri tulostuskammio ja se vastaa luokaltaan 3dsystemsien Projet4500 tulostinta. Kummankin 3D-tulostimen avulla pystytään tuottamaan tarkkoja ja laadukkaita kappaleita esimerkiksi visuaalisia talomalleja rakennusteollisuuteen.

Edellä mainitut 3dsystemsien Projet4500 ja Stratasyksen Eden500V ovat 3D-tulostimien kalleimmasta päästä. Hintojen tippuessa alemmas, joudutaan karsimaan halutuista ominaisuuksista ja laadusta. Esimerkiksi tulostuskammion

pienentyminen laskee hintaa jo tuhansilla euroilla. Stratasyksen 3D-tulostin sarjoista löytyy myös halvempia vaihtoehtoja jotka ovat hinta laatu suhteeltaan erittäin varteenotettavia vaihtoehtoja. Stratasyksen Objet-sarjan pienemmät 3D-tulostimet ovat lähtöhinnoiltaan 20.000€ luokkaa ja hinnat nousevat mitä laadukkaimpiin ja kooltaan suurempiin sarjan tulostimiin mennään. Esimerkiksi Objet Eden350V tulostin on jo hinnaltaan 60.000€ luokkaa. Objet Eden 350V olisi varteenotettava keskihintainen vaihtoehto yritykselle. 3dsystems sin Projet-sarjan tulostimista ei löytynyt opinnäytetyön teko hetkellä hintatietoja, joten 3dsystems in tulostimista ei pystytä valitsemaan keskihintaista 3D-tulostinta.

Opinnäytetyössä perehdyttiin kahteen suurimpaan ja tunnetuimpaan 3D-tulostimien laitetoimittajaan. 3D-tulostimia tuottavia yrityksiä on lukematon määrä ja alalle on kokoajan tulossa uusia laitetoimittajia.

LÄHTEET

- 3ders. 2014. Price compare. 3D-printers Viitattu 21.3.2014.
<http://www.3ders.org/pricecompare/3dprinters/?o=Price>
- 3dprinter. 2013. Commercial 3D- printers. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.3dprinter.net/directory/commercial-3d-printers>
- 3dsystems. 2014. Viitattu 21.3.2014. <http://www.3dsystems.com>
- Custompartnet. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://www.custompartnet.com/>
- De Zeen Magasizine. 2013. 3D- printing explained movie materialize. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.dezeen.com/2013/08/13/3d-printing-explained-movie-materialise/>
- Dillow, C. 2013. CNN. 5 reasons 3-D printing isn't quite ready for prime time. Viitattu 21.3.2014
<http://tech.fortune.cnn.com/2013/09/03/3d-printing/>
- Explainingthefuture. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://www.explainingthefuture.com/>
- Fleming, M. 2013. 3dprinter. What is 3d- printing. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.3dprinter.net/reference/what-is-3d-printing>
- Gross, D. 2013. CNN. Obama's speech highlights rise of 3-D printing. Viitattu 20.3.2014.
<http://edition.cnn.com/2013/02/13/tech/innovation/obama-3d-printing/>
- Heikkilä I. 2013. VTT Tietomallista myyntimateriaali. Viitattu 21.3.2014.
- Heikkilä I , Mäkelä I , Klaus T. & Kauppi A. 2013 VTT Painotalon uudet tuotteet Viitattu 21.3.2014.
- Hessman, T. 2013. Industryweek. 3D- printing and future manufacturing infographic. Viitattu 21.3.2014. <http://www.industryweek.com/emerging-technologies/3d-printing-and-future-manufacturing-infographic>
- Huxley M, Weisberg S. 2001. Cadalyst. Pros and cons of major Rp- technologies. Viitattu 21.3.2014. <http://www.cadalyst.com/management/pros-and-cons-major-rp-technologies-629>
- Industryweek. 2013. The ten principles 3d- printing. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.industryweek.com/emerging-technologies/ten-principles-3-d-printing>
- Intellectual ventures lab. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://intellectualventureslab.com>
- Khoshnevis, B. 2013. Nasa. Contour Crafting Simulation Plan for Lunar Settlement Infrastructure Build-Up. Viitattu 20.3.2014.
http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/niac/khoshnevis_contour_crafting.html
- Manners-bell, J & Lyon, K. 2014. Supplychain247. The Implications of 3D printing for the global logistics industry. Viitattu 21.3.2014.
http://www.supplychain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry
- Materialise. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://www.materialise.com/>

Pettersson, M. 2013. Helsingin Sanomat. Muuttaako 3D- tulostus maailman Viitattu 20.3.2014.
<http://www.hs.fi/tekniikka/a1363933593081>

Prodways. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://www.prodways.com/>

Sandvik Coromant. 2014. Kolmas teollinen vallankumous hämmöittää. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.sandvik.coromant.com> > Palvelut > Valmistava teollisuus > Stories

Shapeways. Viitattu 20.3.2014. <http://www.shapeways.com/>

Shapeways. 2012. Shapeways 3D Printing Service Ranked Most Popular in Statistical Survey. Viitattu 20.3.2014. <http://www.shapeways.com/blog/archives/1418-shapeways-3d-printing-service-most-popular-in-statistical-survey.html>

Shek, C. 2014. Ckgsb knowledge. 3D Printing: Life in 3D. Viitattu 21.3.2014.
<http://knowledge.ckgsb.edu.cn/2014/02/12/china/3d-printing-life-in-3d/>

Suomen Tietotoimisto. Turun Sanomat. 2014. Brittilääkärit tulostivat miehelle uudet kasvot Viitattu 20.3.2014.
<http://www.ts.fi/uutiset/ulkomaat/606179/Brittilaakarit+tulostivat+miehelle+uudet+kasvot>

Tavco. 2013. How to Print a 3D Architectural Model on a ProJet 660 from 3D Systems. Viitattu 21.3.2014. <http://www.tavco.net/wide-format-plotter-scanner-blog/bid/128038/How-to-Print-a-3D-Architectural-Model-on-a-ProJet-660-from-3D-Systems>

The Economist. 2012. A third industrial revolution. Viitattu 20.3.2014.
<http://www.economist.com/node/21552901>

The Economist. 2013. 3D printing scales up. Viitattu 26.3.2014.
<http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21584447-digital-manufacturing-there-lot-hype-around-3d-printing-it-fast>

Thingiverse. 2014. Viitattu 20.3.2014. <http://www.thingiverse.com/>

Thre3d. 2014. How Electron Beam Melting (EBM) Works. Viitattu 20.3.2014.
<https://thre3d.com/how-it-works/powder-bed-fusion/electron-beam-melting-ebm>

Tuomi, J. 2013. Talouselämä 3D- tulostuksen sovellukset kannattaa ottaa vakavasti. Viitattu 20.3.2014.
http://www.talouselama.fi/Tebatti/tebatoijat/jukka_tuomi/3dtulostuksen+sovellukset+kannattaa+ottaa+vakavasti/a2169929




University of Saskatchewan. 2014. Viitattu 21.3.2014
<https://www.engr.usask.ca/services/engineering-shops/facilities/rapid-prototyper.php>

Whiteclouds. 2014. Viitattu 20.3.2014. <https://www.whiteclouds.com/>

3D-tulostimien vertailua

Valmistaja	Tulostin	Tarkkuus (µm)	Tulostuskammio	Materiaali	Hinta
Stratasys	Objet24	28	240 x 200 x 150 mm	Erilaiset muoviseokset myös värilliset	17.000 €
Stratasys	Objet Eden350	20-200	350x350x200mm	Erilaiset muoviseokset myös värilliset	60.000€
Stratasys	Objet500 Connex3	20-85	500 x 400 x 200 mm	Erilaiset muoviseokset myös värilliset	145.000 € - 185.000 €
Stratasys	Objet Eden500V	20-200	500 x 400 x 200 mm	Erilaiset muoviseokset myös värilliset	190.000€
Stratasys	Objet1000	85-	1000 x 800 x 500 mm	Erilaiset muoviseokset myös värilliset	-
3dsystems	Projet 360	0.15 (mm)	203 x 254 x 203 mm	Visijet muoviseokset	-
3dsystems	Projet3510HD	25-60	298 x 185 x 203 mm	Visijet muoviseokset	-
3dsystems	Projet5000	25-50	533 x 381 x 300 mm	Visijet muoviseokset	-
3dsystems	Projet4500	0,1(mm)	203 x 254 x 203 mm	Visijet C4 Spectrum	-
Stratasys	Fortus 250mc	0.17-0.33 (mm)	254 x 254 x 252mm	ABS muovit	50.000 €
Stratasys	Fortus 400mc	15-125	355 x 254 x 254 mm ja 406 x 355 x 406 mm	Vaihtelee useiden eri muovipohjaisten materiaalien välillä	115.000 €
Stratasys	Fortus 900mc	15-90	914 x 610 x 914 mm	Vaihtelee useiden eri muovipohjaisten materiaalien välillä	350.000 €
Stratasys	Dimensions Elite		203 x 203 x 305 mm	ABS muovit	20.000 € - 25.000€




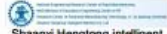

3D-tulostimien toimittajia

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 e-Manufacturing Solutions EOS Electro Optical Systems www.eos.info info@eos.info	FORMIGA P 100	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330	Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiikkutu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.1mm	160 000 – 170 000 € inc. (2008)
	EOSINT P390	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620	Polyamidi ja polystyreenimateriaalit, sisältäen alumiinitäytteiset, hiikkutu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.1mm	295 000 – 340 000 € inc. (2008)
	EOSINT P730	2250 x 1550 x 2100	700 x 380 x 580	Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiikkutu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.12mm	730 000 – 815 000 € inc. (2008)
	EOSINT M 250xtended	1950 x 1100 x 1850	250 x 250 x 200	Pronssi ja teräs pohjaiset pulverit	20µm	2008 malli
	EOSINT P 800	2250 x 1500 x 2100	700 x 380 x 580	PEEK	0.12mm	
	EOSINT M 280	2200 x 1070 x 2290	250 x 250 x 325	Pronssi/teräs pohjaiset pulverit, koboltti kromi, ruostumatonta teräs, titaani, maraging teräs, titaani	20-80 µm	
	EOSINT M 270	2000 x 1050 x 1940	250 x 250 x 215		20-40 µm	440 000 – 475 000 € inc. (2008)
	EOSINT S 750	1420 x 1400 x 2150	720 x 380 x 380	Hartsilla koveretut hiekat	0.2mm	690 000 € inc. (2008)
 Valmistaja	Perfactory Aureus	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 - 35 µm	2010 malli
	Perfactory Desktop	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 - 35 µm	2008 malli
	Perfactory Mini Multi Lens	730 x 480 x 1350	45 x 34 x 230 – 90 x 65 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	15 - 50 µm	
	Ultra2	736 x 762 x 1168	241 x 140 x 203 – 267 x 165 x 203		15-100 µm	2010 malli
	Ultra	736 x 762 x 1168	264 x 165 x 203		20-100 µm	2010 malli
	Perfactory Standard Zoom	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 – 200 x 150 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	25 - 150 µm	2008 malli
	Perfactory Standard UV	730 x 480 x 1350	100 x 75 x 230 – 140 x 105 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series; F-Shell 300 series	25 - 50 µm	
	Koneen nimi / numero	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 3D Systems www.3dsystems.com info@3dsystems-europe.com	BFB RapMan 3.1 Universal	650 x 570 x 820	single: 270 x 205 x 210 double: 190 x 205 x 210	ABS, PLA (värillisiä / läpikuultavia) LDPE, HDPE, PP, uPVC	0.25mm	1190 € 1450 €
	BFB RapMan 3.1 Ultimate					
	BFB 3000 Plus Single BFB 3000 Plus Double BFB 3000 Plus Triple	515 x 515 x 590	single: 275 x 275 x 210 double: 230 x 275 x 210 triple: 185 x 275 x 210		0.125mm	2590 € 2920 € 3240 €
	V-Flash Personal 3D Printer	660 x 685 x 787	228 x 171 x 203	FTI-GN Natural (akryyli)	0.102 mm	9 900 €
	Projet 1000	622 x 1003 x 775	171 x 203 x 178	VisiJet FTI (valkoinen)	102 µm	10 900 \$
	Projet 1500	622 x 1003 x 775	171 x 228 x 203	VisiJet FTI (valkoinen, punainen, harmaa, sininen, musta, keltainen)	102 / 152 µm	14 500 \$
	Projet CPX 3000 & Projet CPX 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD & HDHQ: 298 x 185 x 203 UHD (3000): 127 x 178 x 152 UHD ja XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152	VisiJet CPX200 (vaha)	HD & HDHQ: 33µm UHD (vain 3000Plus): 20µm XHD: 16 µm	
	ProJet CP 3000	737 x 1257 x 1504	298 x 185 x 203	VisiJet® CP200 (vaha)	33µm	
	ProJet HD 3000 & ProJet HD 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD: 298 x 185 x 203 UHD (3000): 127 x 178 x 152 UHD ja XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152	VisiJet EX200 (luonnollinen) VisiJet SR200 (luonnollinen, harmaa, sininen) VisiJet HR200 (sininen) -akryylimuoveja	HD: 32µm UHD: 29 µm XHD (vain 3000Plus): 16 µm	
	ProJet SD 3000	737 x 1257 x 1504	298 x 185 x 203	VisiJet EX200 (luonnollinen) VisiJet SR200 (luonnollinen, harmaa, sininen) -akryylimuoveja	32µm	
	ProJet DP 3000 (Dental)	737 x 1257 x 1504	HD Mode: 298 x 185 x 203 XHD Mode: 127 x 178 x 152	VisiJet® DP200 (akryyli)	0.025-0.05 mm	
	ProJet SD 3500	838 x 1422 x 1753	298 x 185 x 203	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, S300 support	32µm	
	ProJet HD 3500	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 298 x 185 x 203 UHD Mode: 127 x 178 x 152	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procast, S300 support	HD: 32µm UHD: 39µm	
	ProJet HD 3500Plus	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 298 x 185 x 203 UHD Mode: 203 x 178 x 152 XHD Mode: 203 x 178 x 152	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procast, S300 support	HD: 32µm UHD: 29µm XHD: 16µm	
	ProJet 5000	1531 x 908 x 1450	550 x 393 x 300	VisiJet® MX	HD: 38µm UHD: 32µm	
	Projet 6000 SD Projet 6000 HD Projet 6000 MD	787 x 737 x 1829	Pitkä : 250 x 250 x 250 Keskikoko : 250 x 250 x 125 Lyhyt : 250 x 250 x 50	VisiJet® Flex, Tough, Clear, HiTemp VisiJet® e-Stone (MD-ile)	HD: 0.125 mm XHD: 0.075-0.050 mm UHD: 0.125-0.1 mm	
	iPro 9000 SLA Centre	2120 x 1580 x 2210	RDM 650M: 650 x 350 x 300 RDM 750SH: 650 x 750 x 50 RDM 750H 650 x 750 x 275 RDM 750F: 650 x 750 x 550 RDM 1500XL: 1500 x 750 x 550	Accura Plastics (hartsit) (laaja valikoima, simuloivat ABS, PP ja PC)	0.05-0.15 mm	
	iPro 8000 SLA Centre	1260 x 2220 x 2280	RDM 650M: 650 x 350 x 300 RDM 750SH: 650 x 750 x 50 RDM 750H 650 x 750 x 275 RDM 750F: 650 x 750 x 550	Accura Plastics (hartsit) (laaja valikoima, simuloivat ABS, PP ja PC:tä)	0.05-0.15 mm	
	sPro 140 / 230 SLS Centre	140:1840 x 1850 x 1970 230:1840 x 1850 x 2200	140 : 550 x 550 x 460 230 : 550 x 550 x 750	DuraForm® muovit CastForm® PS muovit (pulverit)	0.08 – 0.15mm	

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 e-Manufacturing Solutions EOS Electro Optical Systems www.eos.info info@eos.info	FORMIGA P 100	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330	Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiilikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.1mm	160 000 – 170 000 € inc. (2008)
	EOSINT P390	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620	Polyamidi ja polystyreenimateriaalit, sisältäen alumiinitäytteiset, hiilikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.1mm	295 000 – 340 000 € inc. (2008)
	EOSINT P730	2250 x 1550 x 2100	700 x 380 x 580	Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiilikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.12mm	730 000 – 815 000 € inc. (2008)
	EOSINT M 250Xtended	1950 x 1100 x 1850	250 x 250 x 200	Pronssi & teräs pohjaiset pulverit	20µm	2008 malli
	EOSINT P 800	2250 x 1500 x 2100	700 x 380 x 580	PEEK	0.12mm	
	EOSINT M 280	2200 x 1070 x 2290	250 x 250 x 325	Pronssi/teräs pohjaiset pulverit, koboltti kromi, ruostumaton teräs, titaani, maraging teräs, titaani	20- 80 µm	
	EOSINT M 270	2000 x 1050 x 1940	250 x 250 x 215		20- 40 µm	440 000 – 475 000 € inc. (2008)
	EOSINT S 750	1420 x 1400 x 2150	720 x 380 x 380	Hartsilla kovetetut hiekat	0.2mm	690 000 € inc. (2008)
 Perfactory Aureus Perfactory Desktop Perfactory Mini Multi Lens Ultra2 Ultra Perfactory Standard Zoom Perfactory Standard UV	Perfactory Aureus	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 - 35 µm	2010 malli
	Perfactory Desktop	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 - 35 µm	2008 malli
	Perfactory Mini Multi Lens	730 x 480 x 1350	45 x 34 x 230 – 90 x 65 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	15 - 50 µm	
	Ultra2	736 x 762 x 1168	241 x 140 x 203 – 267 x 165 x 203		15-100 µm	2010 malli
	Ultra	736 x 762 x 1168	264 x 165 x 203		20-100 µm	2010 malli
	Perfactory Standard Zoom	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 – 200 x 150 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	25 -150 µm	2008 malli
	Perfactory Standard UV	730 x 480 x 1350	100 x 75 x 230 – 140 x 105 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series; E-Shell 300 series	25 -50 µm	
Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 Tiertime Beijing Tiertime Technology http://www.tiertime.com/en/overseas@tiertime.com	Inspire S200	620 x 660 x 9500	150 x 200 x 200	ABS	0.2 – 0.4mm	
	Inspire S250	710 x 750 x 1100	150 x 200 x 250	ABS	0.2 – 0.4mm	6999 €
	Inspire D255	720 x 850 x 1650	255 x 255 x 310	ABS	0.2 – 0.4mm	
	Inspire D290	720 x 850 x 1650	255 x 290 x 320	ABS	0.2 – 0.4mm	17 000 €
	Inspire A370	1490 x 910 x 1800	320 x 330 x 370	ABS	0.175 – 0.4mm	
	Inspire A450	1500 x 970 x 1810	350 x 380 x 450	ABS	0.15 – 0.4mm	39 000€
 Blueprinter ApS www.blueprinter.dk info@blueprinter.dk	BluePrinter	1000 x 600 x 600	160 x 200 x 140	Termoplastinen pulveri	0.1 mm	9995 €
 Carima Co. Ltd. www.carima.com/ carima@carima.co.kr	Master	525 x 710 x 1060	Master 2015 – 200 x150 x 200 Master 2011 – 200 x112 x 200 Master 1267 – 120 x 67 x 200	Akryylipohjainen, epoksipohjainen, uretaanipohjainen, arariopohjainen - valokovettuvat	0.05 – 0.01mm tai 0.025 – 0.1mm	
 CMET Inc. CMET Inc. http://www.cmet.co.jp/en/	RM-6000 II		610 x 610 x 500	Stereolitografia materiaalit		
	RM-3000		300 x 300 x 250			
 Concept Laser GmbH www.concept-laser.de info@concept-laser.de	Mlab cusing	705 x 1833 x 2308	50 x 50 x 80 70 x 70 x 80 90 x 90 x 80	ruostumaton teräs, kobolttikromi, keltakulta	10 - 30 µm	
	M1 cusing	2362 x 1535 x 2308	250 x 250 x 250	ruostumaton teräs, kuumatyöstöteräs, nikkelipohjainen seos, kobolttikromi, Rermanium star CL Iisaks: M2 alumiini ja titaani seos	20 - 50 µm	
	M2 cusing	2440 x 1630 x 1992	250 x 250 x 280		20 - 50 µm	
	M3 Linear	2670 x 1990 x 2180	300 x 350 x 300		20 - 50 µm	
 Desktop Factory www.desktopfactory.com info@desktopfactory.com	125ci 3D Printer	635 x 432 x 508	127 x 127 x 127	nylon komposiitti pulveri	0.254mm	\$4 995 2009 malli
 Delta Micro Factory Corp	UPI 3D Printer	245 x 260 x 350	140 x 140 x 135	ABS, PLA	0.2- 0.4 mm	1990 €

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 e-Manufacturing Solutions EOS Electro Optical Systems www.eos.info info@eos.info	FORMIGA P 100	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330	Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit Polyamidi ja polystyreenimateriaalit, sisältäen alumiinitäytteiset, hiikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit Polyamidi ja polystyreeni materiaalit, sisältäen alumiini täytteiset, hiikuitu täytteiset ja palamista hidastavat materiaalit	0.1mm	160 000 – 170 000 € inc. (2008)
	EOSINT P390	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620		0.1mm	295 000 – 340 000 € inc. (2008)
	EOSINT P730	2250 x 1550 x 2100	700 x 380 x 580		0.12mm	730 000 – 815 000 € inc. (2008)
	EOSINT M 250Xtended	1950 x 1100 x 1850	250 x 250 x 200	Pronssi & teräs pohjaiset pulverit	20µm	2008 malli
	EOSINT P 800	2250 x 1500 x 2100	700 x 380 x 580	PEEK	0.12mm	
	EOSINT M 280	2200 x 1070 x 2290	250 x 250 x 325	Pronssi/teräs pohjaiset pulverit, koboltti kromi, ruostumaton teräs, titaani, maraging teräs, titaani	20-80 µm	
	EOSINT M 270	2000 x 1050 x 1940	250 x 250 x 215		20-40 µm	440 000 – 475 000 € inc. (2008)
	EOSINT S 750	1420 x 1400 x 2150	720 x 380 x 380	Hartsilla kovaletut hiekat	0.2mm	680 000 € inc. (2008)
 Envisiontec www.envisiontec.com info@envisiontec.com	Perfactory Aureus	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 • 35 µm	2010 malli
	Perfactory Desktop	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	Nanocure RC25; WIC100G; R11	25 • 35 µm	2008 malli
	Perfactory Mini Multi Lens	730 x 480 x 1350	45 x 34 x 230 – 90 x 65 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	15 • 50 µm	
	Ultra2	736 x 762 x 1168	241 x 140 x 203 – 267 x 165 x 203		15-100 µm	2010 malli
	Ultra	736 x 762 x 1168	264 x 165 x 203		20-100 µm	2010 malli
	Perfactory Standard Zoom	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 – 200 x 150 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series	25 • 150 µm	2008 malli
	Perfactory Standard UV	730 x 480 x 1350	100 x 75 x 230 – 140 x 105 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series; E-Shell 300 series	25 • 50 µm	
	PixCera Perfactory DDP	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	WIC 300	25 • 50 µm	2010 malli
	Dental High Productivity DDP	730 x 480 x 1350	90 x 65 x 230	WIC 300, E-shell 200, 300, RCP25 & 35	25 • 50 µm	
	Dental Desktop DDP	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	WIC 300	25 • 35 µm	
	Dental Mini DDP	730 x 480 x 1350	59 x 43 x 230	WIC 300	15 • 50 µm	2008 malli
	Dental High productivity	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 – 190 x 142 x 230	WIC 300	15 • 50 µm	
	Perfactroy Xtreme	1220 x 1400 x 2300	304 x 228 x 381	SI500	25 • 150 µm	
	Perfactroy Xede	1220 x 1400 x 2300	457 x 304 x 508	SI500	25 • 150 µm	
	DDSP Digital Desktop Shell Printer	450 x 450 x 480	100 x 75 x 100	Nanocure RC25; Wic100G,R11,S300 PIC100,E-Shell 200 series E-Shell 300 series	25 • 150 µm	2010 malli
	DSP Digital Shell Printer UV WERM	730 x 480 x 1350	140 x 105 x 230		25 • 150 µm	
 ExOne GmbH www.exone.com/ europe@exone.com	S-Max	7000 x 3586 x 2860	1800 x 1000 x 700	Kaavaushiekka	0.28-0.50 mm	1 400 000 \$
	S-Print	2252 x 2584 x 2114	750 x 380 x 400	Kaavaushiekka		800 000 \$
	M-Print	2252 x 2584 x 2114	780 x 400 x 400	metallijauhe		
	M-Lab	965 x 711 x 1066	40 x 60 x 35	metallijauhe	valittavissa 0.050 mm asti	85 000 \$
 3D PRODUCTION SYSTEMS Fortus 3D Production Systems by Stratasys www.fortus.com info@stratasys.com	Fortus 200mc	686 x 864 x 1041	203 x 203 x 203	ABSplus	0.178 – 0.33 mm	55 000 – 60 000€ 2009 malli
	Fortus 250mc	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 252	ABSplus	0.178 – 0.33 mm	60 000 – 70 000€
	Fortus 360mc	1281 x 895 x 1692	355 x 254 x 254 tai 406 x 355 x 406	ABS-M30, PC-ABS, PC	0.127 – 0.33 mm	90 000 – 140 000€
	Fortus 400mc	1281 x 895 x 1692	355 x 254 x 254 tai 406 x 355 x 406	ABSi, ABS-M30, ABS-M30i, PC-ABS, PC-ISO, PC, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.127 – 0.33 mm	115 000 – 175 000€
	Fortus 900mc	2772 x 1683 x 2281	914 x 610 x 914	ABS-M30, ABS-M30i, PC-ABS, PC, PC- ISO, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.178 – 0.33 mm	350 000 – 400 000€
 HP www.hp.com	HP Designjet 3D printer	762 x 680 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (norsunkuu)	0.25mm	£11 050
	HP Designjet Color 3D printer	762 x 680 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (8 väriä)	0.25 & 0.33mm	£16 260

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
HUNTSMAN Bringing lives through innovation Huntsman Advanced Materials www.huntsman.com patricia_albisser@huntsman.com	Araldite Digitalis	1805 x 1380 x 2010	650 x 370 x 600	Araldite MLS MicrolightSwitch 70200	50 - 150 µm	2010 malli 3D Systems ostanut Katso 3D Systems
MakerBot INDUSTRIES MakerBot http://makerbot.com contact@makerbot.com	Thing-O-Matic	300 x 250 x 400	120 x 120 x 150	ABS PLA HDPE Sokerikuormute Maapähkinä voi Silikoni	0.25-0.5mm	700€
	MakerBot Industries Cupcake CNC	300 x 250 x 400	100 x 100 x 120			700€ 2010 malli
	Replicator	320 x 467 x 381	225 x 145 x 150	ABS, PLA	0.2-0.3mm	1750 \$
M mcor technologies Mcor Technologies. www.mcor technologies.com deirdre@mcor technologies.com	Matrix 300	900 x 700 x 800	257 x 170 x 150	A4 Paperi 80 gsm A4 Paperi 80 gsm	0.1 mm	16900€ (2011) 29 950€ (2010)
	Mcor Matrix	1160 x 755 x 750	297 x 210 x 150		0.1 mm	24 950 € 2009 malli
Matsuura Matsuura www.matsuura.co.jp info@matsuura.de	Lumex Avance 25	1800 x 2500 x 2432	250 x 250 x 185	Ruostumatonta teräspohjainen pulveri, titaanipulveri, titaaniseos pulveri	20 µm	800 000 €
MiiCraft™ 3D Printing Made Easy MiiCraft info@mii-craft.com info@mii-craft.com	MiiCraft™ 3D Printer	205 x 206 x 335	43 x 27 x 180	UV kovettuva hartsi	50 µm	2159 \$
MTT TECHNOLOGIES GROUP MTT Technologies Group www.mtt-group.com info@mtt-group.com	SLM 125	750 x 1450 x 1920	125 x 125 x 125	Ruostumatonta teräs 316L ja 17-4PH, H13 työkaluteräs, alumiini Al-Si-12Mg ja Al-Si-10Mg, Titaani CP, Ti-6Al-4V ja Ti- 6Al-7Nb, koboltikromi (ASTM75), Inconel 718 ja 625 + lisää kehiteitä	20-100 µm	2010 malli. Yritys jakaantunut SLS Solutions ja Renishaw
	SLM250	1800 x 800 x 2200 (2008) 870 x 1700 x 2050	250 x 250 x 350 (2008) 250 x 250 x 320 (x,y,z) Z laajennettavissa 350		20-100 µm	
	SLM 100	800 x 800 x 2200	Ø 125 mm x 80 mm	Ruostumatonta teräs, työkaluteräs, Titaani seokset, Cr-seos, kulta, alumiini seokset, koboltikromi	20-100 µm	2008 malli Yritys jakaantunut SLS Solutions ja Renishaw
OBJET Objet Geometries www.objet.com info@objet.com	Connex500	1420 x 1120 x 1130	500 x 400 x 200	ABS like, High Temperature, Bio- Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen Duruswhite, Tango kuminkaltaiset ja Vero materiaalit.	16-30µm	
	Connex350	1420 x 1120 x 1130	350 x 350 x 200			
	Connex260	870 x 735 x 1200	260 x 260 x 200			
	Eden 500V	1320 x 990 x 1200	500 x 400 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen Duruswhite, Tango kuminkaltaiset ja Vero materiaalit.	16µm	140 000- 150 000 € (2008)
	Eden 350V	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200			110 000- 120 000 € (2008)
	Eden 350	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200			90 000- 100 000 € (2008)
	Eden 260V	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200	Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen Duruswhite ja Vero materiaalit.	16-30µm	
	Eden 250	870 x 735 x 1200	250 x 250 x 200		16µm	50 000- 60 000 € (2008)
	Eden 260	870 x 735 x 1200	260 x 260 x 200	FullCure720, Vero Black, VeroBlue, VeroWhite, ja DurusWhite.	16-30µm	2008 malli
	Alaris 30	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhite	28 µm	19 900€ 2010 malli 29 900 € (2008)
	Objet 30	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhitePlus, VeroBlue, VeroBlack, VeroGray, DurusWhite, Polypropyteenin kaltainen	28 µm	
	Objet 24	825 x 620 x 590	240 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhite	28 µm	16 900€
OPTOMECH Optomec, Inc. www.optomec.com info@optomec.com	LENS 850-R	3000 x 3000 x 3000	1000 x 1500 x 1000	Titaani (CP Ti, Ti-6Al, Ti-6Al-4V) työkaluteräs (H13, A2, S7) ruostumatonta teräs (304, 316, 420, 17-4 PH) Superseokset (In625, In718, Hast X) muuta hitsattavia seoksia	500µm	\$995 000 - \$1 095 000
	LENS 750	3000 x 1500 x 2500	300 x 300 x 300		500µm	\$560 000 - \$615 000
	LENS MR-7 Materials Research System	3000 x 1500 x 2500	300 x 300 x 300		500µm	\$560 000 - \$615 000
	M3D 300 (2008) Aerosol Jet 300	300 x 1200 x 1500	300 x 300	Laaja valikoima materiaaleja tuettuna sisältäen sähköjohtavat nanopartikkelit musteet, vastustusta, sähköteistymateriaaleja, orgaaniset yhdisteet, polymeerilimaaineet ja biomateriaaleja	0.002 - 0.8mm	\$250 000 - \$275 000
	M3D SOLAR LAB (2008) Aerosol Jet Sola Lab	300 x 1200 x 1500	300 x 300		0.002 - 0.8mm	\$295 000 - \$325 000

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 PHENIX™ SYSTEMS Phenix Systems www.phenixsystems.com contact@phenix-systems.com	PXL	2400 x 2200 x 2400	250 x 250 x 200	Metalli	10–60µm	475 000 € (2009)
	PXM	1200 x 1500 x 1950	140 x 140 x 100	Metalli / keraami	10–60µm	
	PXS	1200 x 770 x 1950	100 x 100 x 80	Metalli	10–60µm	141 900 € (2009)
	PM100T	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100	Metalli / keraami	10–60µm	2009 malli 278 000€
	PM250	3250 x 1300 x 2400	Ø 250 x 300	Metalli / keraami	10–60µm	2009 malli 465 000 €
	PXS Dental	1200 x 770 x 1950	1200 x 770 x 1950	Koboltikromi	10–60µm	141 900 € (2009)
	PM100T Dental	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100	Metalli	10–60µm	2009 malli 278 000 €
 POM Precision Optical Manufacturing POM Group, Inc www.pomgroup.com info@pomgroup.com	DMD3000	1500 x 1600 x 1600	600 x 600 x 400	H13, S7, 420SS, 316SS, In625, In718, Ti, Ti6AL4V, Invar	0.25 – 1.0mm	2008 malli
	DMD5000	4100 x 2700 x 2400	1400 x 600 x 450		0.1 – 1.4mm	
	DMD505	5700 x 3200 x 3200	1500 x 600 x 750 (5 akselia) 2000 x 1000 x 750 (3 akselia)		0.1 – 1.4mm	2008 malli \$1 400 000
	DMD105D (2008)	3100 x 1900 x 3100	750 x 500 x 400 (5 akselia) 800 x 500 x 400 (3 akselia)	H13, S7, 420SS, 316SS, CPM1V, CPM10V, Cemeit, C250, C276, In625, In718, Wasp seokset, Invar, Stellite6, Stellite21, Stellite31, Ti, Ti6AL4V	0.25 – 0.7mm	2008 malli \$800 000
	DMD IC 106	1500 x 1200 x 1300	800 ulottuvuus 6 akselinen robotti		0.1–0.5 mm	350–450 k\$
	DMD 44R66R	6100 x 6100 x 3100; 44R	2000–3000 ulottuvuus 6 akselinen robotti		0.5–1.8 mm	600–800 k\$
	DMD 103/105D	5100 x 3000 x 3200; 5- akselia	300 x 300 x 300 (3/5 akselia)		0.25–0.7 mm	650–800 k\$
	DMD505D	4400 x 6900 x 4100; 5- akselia	1200 x 1200 x 600 (5 akselia)		0.1–1.5 mm	870–1000 k\$
	SYNERGY5 (Deposition- subtraction by Dry-EDM)	3400 x 8600 x 3200; 5- akselia	300 x 300 x 300 (3/5 akselia)		0.4–1.5 mm	1400–1700 k\$
 ProMetal RCT® ProMetal RCT GmbH www.prometal-rct.com info@prometal-rct.de	S-15	3354 x 3101 x 2212	1500 x 750 x 70	Kaavaushiekka	0.15–0.4 mm	1 400 000 \$ (2011) malli. Nimi muutunut ExOne
	S60 mini	660 x 590 x 570	84 x 48 x 200		10 x 100 µm	
	S60 midi	660 x 590 x 570	122 x 69 x 200	Yhteiset: GP100, GP101 Valmistajan: GP 200 Biohyteensopiva: pyynnöstä Komposiitti: CM 300	10 x 100 µm	
	S60 maxi	660 x 590 x 570	150 x 85 x 200		10 x 100 µm	
 REALIZER realizer GmbH www.realizer.com info@realizer.com	SLM 50	800 x 700 x 500	Ø 70 x 40	Työkaluteräs, ruostumatonta teräs, CoCr, Inconel, titaani, kulta	20 – 50µm	
	SLM 100	900 x 800 x 2400	Ø 125 x 100	Työkaluteräs, ruostumatonta teräs, CoCr, Inconel, titaani, alumiini, kulta	20 – 100µm	
	SLM 250	1800 x 1000 x 2200	250 x 250 x 220	Työkaluteräs, ruostumatonta teräs, CoCr, Inconel, titaani, alumiini	20 – 100µm	
 RENISHAW apply innovation™ Renishaw plc www.renishaw.com additive@renishaw.com	AM250	1700 x 800 x 2050	245 x 245 x 300 (x,y,z) Z laajennettavissa 360		20–100 µm	
	AM125	1350 x 800 x 1900	120 x 120 x 125	Avoin systeemi Ruostumatonta teräs, työkaluteräs, alumiini titaani, koboltikromi, Inconel	20–100 µm	
 Shaanxi Henglong intelligent machines Co. Ltd. www.china-rpm.com china-rpm@gmail.com	SPS250J	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 100		0.07–0.2 mm	
	SPS350B	1565 x 995 x 1930	350 x 350 x 350			
	Laser SPS800B	2065 x 1245 x 2220	800 x 600 x 400		0.05–0.2 mm	
	Laser SPS600B	1860 x 1240 x 1930	600 x 600 x 400			
	Laser SPS450B	1665 x 1095 x 1930	450 x 450 x 350	photopolymeeri		
	Laser SPS250E	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 150		0.07–0.2 mm	
	SPS250M	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 250			
	UV SCPS350B	790 x 890 x 1600	350 x 350 x 250		0.1–0.2 mm	
	UV SCPS350	1795 x 995 x 1855	350 x 350 x 350		0.05–0.3 mm	
 UNIONTECH Shanghai Union Technology Co., Ltd. www.union-tek.com/ barrysou@union-tek.com	RS3500	1550 x 850 x 2000	350 x 350 x 300		0.05–0.25mm	
	RS4500	1650 x 896 x 2000	450 x 450 x 350	DSM SOMOSin materiaalit	0.05–0.25mm	
	RS6000	1700 x 812 x H2200	600 x 600 x 400		0.1–0.5mm	
 sintermask Sintermask Technologies www.sintermask.com www.fabster.de sales@sintermask.se info@fabster.com	Pollux 32	1250 x 2100 x 1799	210 x 300 x 500	Polyamidi ja lasi	50 – 120µm	
	Zarro High Speed	2200 x 700 x 2000	210 x 300 x 800	Muovijauheet (sulamislämpötila alle 450C°)	25 – 250µm	250 000– 450 000€
	Fabster	580 x 480 x 580	230 x 230 x 210	termoplastiset muovit	25 – 400 µm	1000 €
 SLM Solutions GmbH SLM Solutions GmbH www.slm-solutions.com info@slm-solutions.com	SLM 125 HL	1350 x 1900 (2400) x 800	125 x 125 x 75		20 µm - 75 µm	
	SLM250 HL	1650 x 1900 (2400) x 1000	250 x 250 x 350	Titaani, titaaniseokset, työkalu- ja ruostumatonta teräs, alumiiniseokset, koboltikromi, Inconel,	20 µm - 75 µm	
	SLM280 HL	1800 x 1900 (2400) x 1000	280 x 280 x 350		20 µm - 100 µm	

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 Solido www.solido3d.com ran@solido3d.com	SD300 Pro	770 x 465 x 420	160 x 210 x 135 (XYZ)	Tekniset muovit monilla eri väreillä	0.17mm (Z)	2010 malli 9500€
	SD300 3D Printer	750 x 410 x 420	210 x 160 x 135	Tekniset muovit monilla eri väreillä	0.165mm	2008 malli \$15,000
 Solidscape, Inc. www.solid-scape.com precision@solid-scape.com	D76+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	DentalCast – Kappaleet InduraFill – Tukimateriaali	Käyttäjän valittavissa 0.0254, 0.0381, 0.0508, 0.0635mm	32776€
	D66+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101			22006€
	T76+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	InduraCast – Kappaleet InduraFill – Tukimateriaali	Käyttäjän valittavissa 0.0127, 0.0254, 0.0381, 0.0508, 0.0635, 0.0762 mm	32776€
	R66+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101			22006€
	T612 Benchtop 2	711 x 495 x 495	304 x 152 x 152			39956€
	3ZPRO	558 x 495 x 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support,	Käyttäjän valittavissa alin 6.33 µm	45 650 \$
 Stratasys, Inc. www.stratasys.com info@stratasys.com	FDM Maxum	2235 x 1118 x 1961	600 x 500 x 600	ABS, Iskun kestävä ABS	0.127 – 0.254mm	2008 malli 250 000 – 300 000 €
	Mojo 3D Printer	630 x 450 x 530	127 x 127 x 127	P430 ABSplus Ivory	0.17 mm	9 900 \$
 Trump Precision Machinery Co., Ltd www.trumpsystem.com info@trumpsystem.com	Elite 3500	1280 x 1340 x 2320	350 x 350 x 600	C.R.P technology S.R.L:n pulverit	0.15 tai 0.2 mm	
	Elite 5000	1410 x 1340 x 2100	480 x 480 x 600		0.15 mm	
 voxeljet technology GmbH www.voxeljet.com info@voxeljet.de	VX4000	19500 x 3800 x 7000	4000 x 2000 x 1000	PMMA	0.12 mm	1 600 000 €
	VX1000		1060 x 600 x 500	PMMA		
	VX800	2000 x 2200 x 2200	850 x 450 x 500	PMMA	0.1 – 0.15 mm	530 700 – 640 00 €
	VX500	1790 x 1852 x 1660	500 x 400 x 300	PMMA	0.08 – 0.15 mm	271 300 – 330 00 €
 HUST Wuhan binhu mechanical& electrical co.,ltd bhjd.tcb.cn/ binhu@binhurp.com	HRP-IIB	1750 x 980 x 1500	450 x 350 x 350	paperi		
	HRP-IIIA	1860 x 1100 x 1700	600 x 400 x 500			
	HRPL-II		350 x 350 x 350	photopolymeeri	0.05 – 0.3 mm	
	HRPL-III		600 x 600 x 500			
	HRPS-II A	1900 x 920 x 2070	320 x 320 x 450	polymeeri-, metallic, keraami ja kaavaushiekkapulevent		
	HRPS-III A	2030 x 1050 x 2070	400 x 400 x 450			
	HRPS-IV	2270 x 1150 x 2070	500 x 500 x 400			
	HRPS-V	2270 x 1150 x 2070	500 x 500 x 400			
 Z CORPORATION Z-Corporation www.zcorp.com uksales@zcorp.com	ZPrinter 310 Plus	740 x 860 x 1090	203 x 254 x 203	Kipsikomposiitti; suora valaminen; Elastomeerit ; vahamallikaavaamiseen	0.089 – 0.203mm	2009 malli £18 475 3DSystems ostanut. Katso 3D Systems
	Spectrum Z 510	1070 x 790 x 1270	254 x 356 x 203	Kipsikomposiitti	0.089 – 0.203mm	2008 malli 46 570\$ 3DSystems ostanut. Katso 3D Systems
	Zprinter Ultra	711 x 775 x 1803	260 x 160 x 190	SI500 fotopolymeeri	50 tai 100 µm	2011 malli 2995€ 3DSystems ostanut. Katso 3D Systems

Lähteet:

The TCT Magazine 11 08 vol. 16 no. 6, The TCT Magazine 11 09 vol. 17 no. 6
The TCT Magazine 10 10 vol. 18 no. 5, The TCT Magazine 11 10 vol. 18 no.6,
The TCT Magazine 09 11 vol. 19 no.5, The TCT Magazine 11 11 vol. 19 no.6,
Laitevalmistajien internetsivut, Euromold messut 2008-2011.

Mahdollisista virheistä tai puutteista voi ilmoittaa mika.salmi@aalto.fi.

31.8.2012